



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

### Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

### About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



## A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

## Consignes d'utilisation

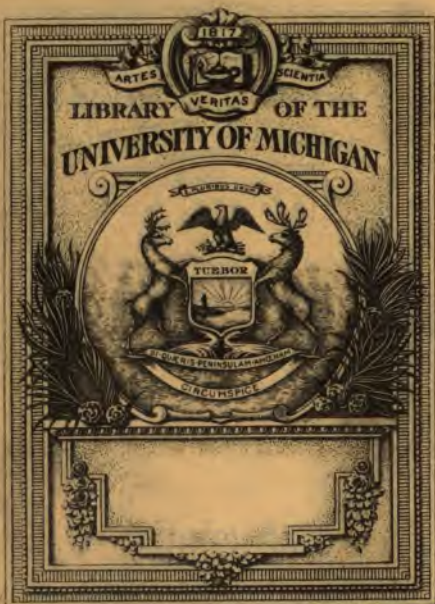
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

- + *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
- + *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
- + *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
- + *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

## À propos du service Google Recherche de Livres

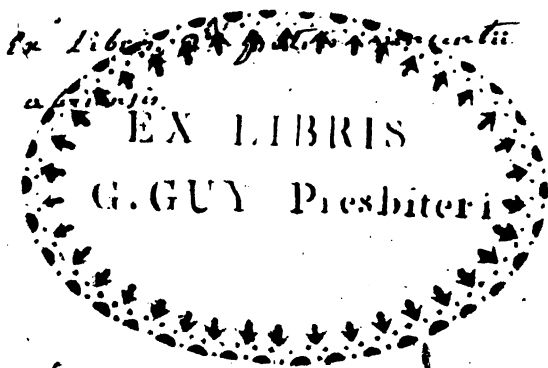
En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse <http://books.google.com>



THE GIFT OF  
Prof. Louis C.Karpinski







mc

2V  
1

les 4 vol  
h

QC

19

N78

1753

v.1



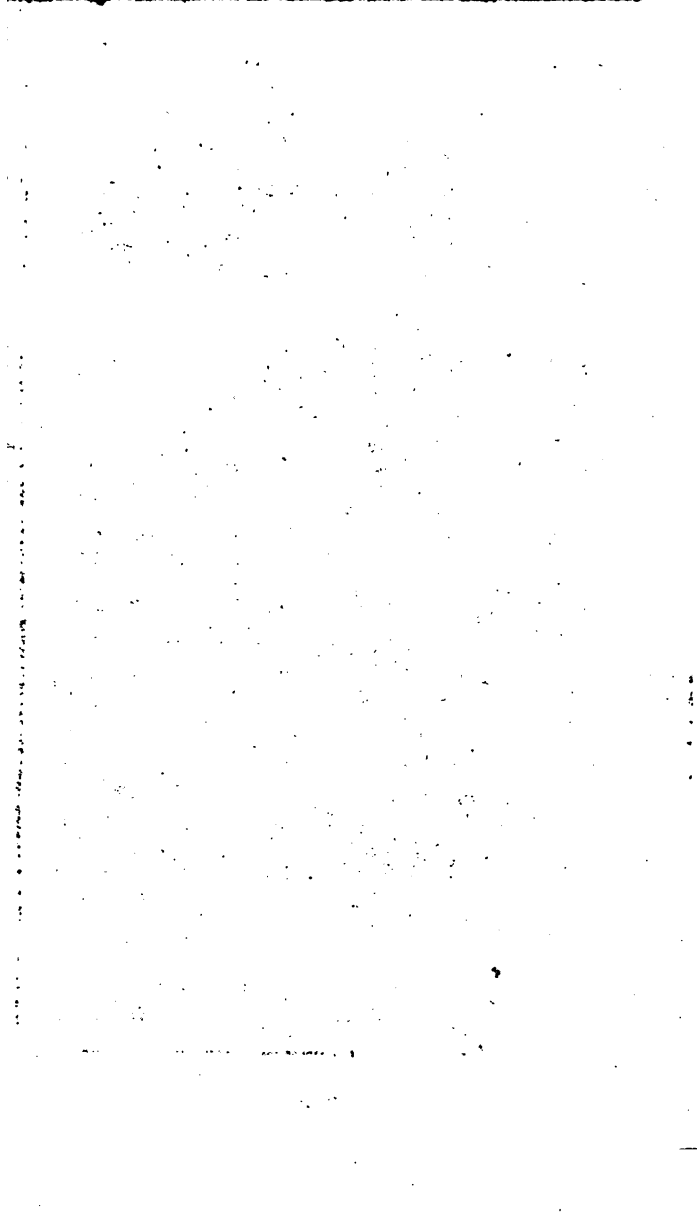
**L E Ç O N S**  
**D E P H Y S I Q U E**  
**E X P E R I M E N T A L E .**

*T O M E P R E M I E R .*

SECRET

U.S. DEPARTMENT OF THE ARMY  
HEADQUARTERS, WASHINGTON, D.C.  
OFFICE OF THE CHIEF OF STAFF  
ATTENTION: THE ADJUTANT GENERAL  
WASHINGTON, D.C.







# LEÇONS DE PHYSIQUE

EXPERIMENTALE.

*Jean Antoine 1700 - 1770*  
*78*  
Par M. l'Abbé NOLLET, de l'Académie Royale des Sciences, de la Société Royale de Londres, de l'Institut de Bologne, & Maître de Physique de MONSEIGNEUR LE DAUPHIN.

TOME PREMIER.

TROISIEME EDITION.



A PARIS,

Chez les Freres GUERIN, rue S. Jacques,  
à S. Thomas d'Aquin.

---

M. DCC. LIII.

*Avec Approbation, & Privilege du Roi.*

THE  
JOURNAL  
OF  
THE  
ROYAL  
ANTHROPOLOGICAL  
INSTITUTE  
OF GREAT BRITAIN  
AND IRELAND  
VOLUME 10  
PART 1  
1880

PRINTED BY  
HARRISON AND SONS, ST. MARTIN'S LANE, W.  
LONDON.  
1880.

3-1-46 gde  
Prof. Louis C. Karpinski  
26-46  
v. 3



A

MONSEIGNEUR  
LE DAUPHIN.

MONSEIGNEUR,

Ayant conçu le dessein d'écrire  
et de donner au Public les Leçons  
de Physique expérimentale que je  
fais de vive voix depuis plusieurs  
Tome I.

a



années , pourrois-je les lui offrir dans une circonstance plus heureuse que celle où Vous voulez bien les honorer de votre présence & de votre attention ? En mettant au jour cet Ouvrage , je suis dispensé maintenant de vanter l'utilité de son objet , & d'en faire connoître la dignité ; l'une & l'autre sont prouvées , dès que cet objet est de votre goût , & qu'il a été approuvé par le sage Conseil qui régle vos études : un tel exemple apprendroit , si l'on ne le sçavoit pas , que la connoissance des effets naturels convient à tous les états ; on pourroit en conclure aussi qu'elle convient à tous les âges , si vous n'aviez fait que des progrès ordinaires dans les autres sciences ,

# 1 . EPI TRE. ij

*Et si l'on ignoroit les preuves que vous avez données d'un génie prématuré.*

*Depuis dix ans que je travaille à former & à perfectionner une Ecole de Physique , ce qui a le plus animé & soutenu mon zèle dans cette laborieuse entreprise , c'est , MONSIEUR , de m'être flâté que je pourrois un jour vous en offrir les fruits ; je touche enfin au terme de mes desirs & de mes espérances , vos ordres m'appellent.*

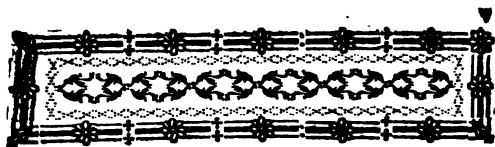
*Le Public qui apprendra mon bonheur par cette Epître , verra sans doute avec plaisir , qu'en faisant usage de mes foibles talens , vous honorez de vos regards & de vos faveurs un établisse-*

iv      E P I T R E .

*ment auquel il a bien voulu applaudir ; & tout le monde sentira comme moi-même , combien je suis heureux d'avoir une occasion si favorable d'exercer mon zèle , & de donner un témoignage public de l'attachement inviolable , & du profond respect avec lesquels je dois & je veux être toute ma vie ,*

MONSEIGNEUR ,

Votre très-humble , très-obéissant , & très-fidèle Serviteur ,  
J. A. NOLLET.



## P R E F A C E.

Ne science qui n'embrace  
**U** se que des questions frivoles, ou qui ne termine celles qui paroissent être de quelque importance que par des probabilités, & en s'appuyant sur des hypothèses, n'intéresse ordinairement qu'un petit nombre d'esprits; il est rare qu'on y prenne goût, & le tems ne peut guère en étendre les limites, s'il n'en réforme l'objet; parce que le désir de sçavoir qui naît avec nous, & qui peut seul exciter notre attention, nous porte naturellement vers le vrai, & ne peut nous y fixer que quand nous y prenons quelque intérêt.

vj      **P R E F A C E.**

L'histoire de la Physique ; si l'on se rappelle les révolutions qu'elle a éprouvées , est très-capable de justifier cette réflexion.

Pendant près de vingt siècles , cette science n'a été presque autre chose qu'un vain assemblage de système appuyés les uns sur les autres , & assez souvent opposés entre eux. Chaque Philosophe se croyant en droit d'élever un pareil édifice à sa mémoire , s'est efforcé de l'établir sur les ruïnes de ceux qui l'avoient précédé ; de tems en tems l'on a vû qu'une vraisemblance en effaçoit cent autres.

Ces exemples tant de fois renouvelés , ne devoient pas donner beaucoup de crédit aux opinions philosophiques ; l'effet le plus naturel qu'on devoit en at-



## **P R E F A C E.**      vij

tendre , & qu'ils ont eû , c'étoit de tenir les hommes dans la défiance sur la doctrine des Physiciens ; & l'on ne doit pas être surpris que leur curiosité n'ait été que médiocrement piquée par des connoissances où ils voyoient regner tant d'incertitudes. L'obscurité du langage a dû les rebu-  
ter encore plus. Dans ces tems de barbarie , comme si les sciences rougissant de leur état , n'eussent osé se montrer à découvert , ceux qui faisoient profession de les posséder , affectoient des expressions qui n'offroient que des idées confuses , & dont la plupart étoient absolument inintelligibles pour quiconque n'étoit pas encore convenu de s'en contenter. On donnoit pour des explications certains mots vuides de

sens , qui s'étoient introduits sous les auspices de quelque nom célèbre , & qu'une docilité mal entendue avoit fait recevoir , mais dont un esprit raisonnable ne pouvoit tirer aucune lumière.

Enfin la Physique si mal cultivée jusqu'alors , & si peu connue , parut au grand jour , & se fit goûter lorsqu'elle offrit des découvertes utiles , des vérités évidentes , lorsqu'elle put se faire honneur d'être entendue de tout le monde. Descartes , son premier réformateur , après l'avoir tirée de l'obscurité des Ecoles , où elle avoit vieilli sous l'autorité d'Aristote , ne lui laissa , pour ainsi dire , que le nom qu'elle avoit coutume de porter , & la rendit telle que les Ecoles réformées elles-mêmes peu à peu , ont adopté

**P R E F A C E. ix**

depuis ce qu'elle a reçu de nouveau , & l'enseignent présentement en termes intelligibles.

Cette réforme porta principalement sur la manière d'étudier la Nature. Au lieu de la deviner , comme on prétendoit l'avoir fait jusqu'alors , en lui prêtant autant d'intentions & de vertus particulières , qu'il se présentoit de phénomènes à expliquer ; on prit le parti de l'interroger par l'expérience , d'étudier son secret par des observations assiduës & bien méditées , & l'on se fit une loi de n'admettre au rang des connoissances , que ce qui paroîtroit évidemment vrai. La nouvelle méthode fit de véritables Sçavans ; & leurs découvertes excitant de toutes parts l'attention & la curiosité , on vit naître des amateurs

x      *P R E F A C E.*

de tout sexe & de toute condition.

Le goût de la Physique devenu presque général , fit souhaiter qu'on en mît les principes à la portée de tout le monde. Bientôt on vit paroître en différentes Langues des Traités élémentaires , qui remplirent à cet égard les desirs du Public. Mais la science dont ils traitent, se perfectionne tous les jours; les découvertes se multiplient, les erreurs se corrigent, les doutes s'éclaircissent: les mêmes motifs qui ont fait écrire ces élémens, doivent porter à les renouveler de tems en tems, pour y faire entrer les augmentations, les corrections, les éclaircissemens qui intéressent nécessairement ceux qu'une loüable curiosité rend attentifs aux pro-

## P R E F A C E. xj

grès de cette science. D'ailleurs il est à propos que ces sortes d'ouvrages soient proportionnés au génie & à la portée des personnes à qui on les destine : j'en connois d'excellens en ce genre qui réussissent en Angleterre , en Hollande , en Allemagne , & qui , s'ils étoient traduits dans notre Langue , n'auroient peut être pas un aussi grand nombre de Lecteurs en France , parce que les principes y sont ferrés , & qu'il faut , pour les entendre , une attention trop suivie de la part de ceux qui ne voudroient que s'amuser utilement ; & parce qu'on y a employé plus de géometrie que les gens du monde n'en sçavent communement.

Il y a environ cinq ans , que publiant le Programme de mon



xij.      **P R E F A C E.**

Cours de Physique expérimentale, je rendis compte de la manière dont j'avois formé cet établissement, & des progrès qu'il avoit faits depuis sa naissance. J'offris alors ce petit volume au Public, comme une Table \* des matières que je me propoisois de rassembler dans un Ouvrage plus considérable, pour lui être présenté, s'il continuoit de m'accorder ses suffrages, & si j'avois lieu de me flâter que mes leçons fussent encore de son goût. Cette condition a été remplie au-delà de mes vœux : lorsque je la fis, c'étoit un motif, & en même tems une règle que je prescrivois à mon zèle ; mais je ne regardois alors qu'autour de moi ; attentif au ju-

\* Programme, ou Idée générale d'un Cours de Physique, dans la Préf. p. xxxiii.

## **P R E F A C E.**      xii]

gement qu'on porteroit de mes efforts & de leurs succès , je n'entendois point mes vûes plus loin que l'enceinte de Paris. Je ne présumoïis pas que mes foibles talens se feroient connoître au-delà des Alpes ; \* & que j'aurois l'honneur de les aller exercer dans une Cour étrangère.

Je ne présumoïis pas que mon Ecole seroit non-seulement applaudie , mais imitée dans nos Provinces \*\* par les Collèges ,

\* En 1739. je fus appelé à la Cour de Turin ; où je restai près de six mois pour donner des Leçons de Physique à S. A. R. Monseigneur le Duc de Savoye. Après quoi le Roi fit placer à l'Université tous les instrumens que j'avois portés , afin que les Professeurs pussent s'en servir dans la suite pour cultiver & pour enseigner la Physique par voye d'expérience.

\*\* Depuis la publication de mon Programme , plusieurs Collèges de Messieurs de l'Oratoire , de la Doctrine Chrétienne , & de Saint Lazare , se sont mis dans l'usage de représenter les preuves d'expérience dans les exercices publics.

xiv **P R E F A C E.**

par les Universités , par les Académies même. Enfin je ne présumois pas que nos Princes honoreroient \* mes Cours & de leur présence , & de leur attention ; qu'ils voudroient bien unir leur voix à celle du Public , & que l'épreuve qu'ils feroient de ma manière d'enseigner , me vaudroit enfin l'honneur de travailler sous les yeux & pour l'utilité de

L'Université de Reims en use de même ; & j'y ai envoyé une collection d'instrumens qui est déjà très-considérable.

L'Académie Royale des Sciences & Belles-Lettres de Bordeaux , s'est aussi meublée depuis quelques années un beau Cabinet de Machines & d'Instrumens de Physique , dont elle m'a fait l'honneur de confier l'exécution à mes soins.

\* En 1738. Monseigneur le Duc de Penthièvre voulut voir un de mes Cours de Physique , auquel Son Altesse Serenissime assista avec beaucoup d'assiduité & d'attention ; peu de tems après j'eus l'honneur d'en faire un à Versailles pour S. A. S. Monseigneur le Duc de Chartres , à la clôture de ses études.

Monseigneur le Dauphin. Ce dernier avantage excitoit mon zèle ; mais je le désirois plus alors que je n'osois l'espérer.

Ces événemens que je ne rappelle point ici , par un sentiment de vanité , quoiqu'ils soient bien capables d'en inspirer , m'assurent en quelque sorte du succès de mon entreprise , & de l'approbation que l'on veut bien lui continuer. C'est donc pour m'acquitter de la promesse que j'ai faite sous cette condition , que je publie aujourd'hui cet Ouvrage. Je ne m'excuserai pas d'en avoir différé cinq ans l'impression , si j'ai quelque reproche à craindre , C'est peut-être de l'avoir donné trop tôt ; car s'il est tel que je le souhaite , les personnes à qui je le destine , ne me sçauront pas

xvj      *P R E F A C E.*

mauvais gré d'y avoir employé tout le tems qu'il me falloit pour le rendre digne d'elles.

Le titre de l'Ouvrage annonce ce qu'il est ; ce sont mes Leçons telles que j'ai coûtume de les faire depuis neuf ans , à des Compagnies qui s'assemblent pour les prendre en commun. Je suppose toujours que le plus grand nombre n'est pas en état d'entendre les expressions d'Algèbre ou de Géométrie , & certains détails qui s'écartent trop des premiers principes ; je pense aussi que l'utilité qu'on en peut attendre , ne seroit point apperçue par ceux qui ne font que s'initier , ou qui ont résolu de ne donner à cette étude que des momens de récréation , qui ne prennent rien sur des occupations plus

**P R E F A C E.**      xvij

plus nécessaires relativement à leur état ou à leur goût. C'est pourquoi , plus occupé du soin de me faire entendre , que du reproche qu'on me pourroit faire d'avoir abandonné le langage des Sciences dont il est assez ordinaire de se parer , je tâche de parler & d'écrire comme ont fait avant moi quantité d'Auteurs reconnus pour bons , & dont les Ouvrages pour la plûpart peuvent être mis entre le mains de tout le monde.

Ce n'est pas que je n'estime , comme on le doit , ces façons de s'exprimer qui sont certainement plus précises , plus abrégées , & qui mettent en état de suivre plus loin une grande partie des connoissances qui font l'objet de mes Leçons; je m'en fers même fort utilement , lorsque je travaille en

xviiij    **P R E F A C E.**

particulier avec des personnes qui veulent faire une étude plus sérieuse de la Physique , & qui s'y sont préparées par celle des Mathématiques ; mais ayant égard au plus grand nombre de mes Lecteurs , je n'ai pas cru qu'il fût à propos de faire entrer dans le même Ouvrage ces calculs & ces détails , dont ils pourront absolument se passer, & qui exigeroient d'eux plus d'efforts & d'application qu'on ne peut , ou qu'on ne doit en attendre ; j'ai mieux aimé les réserver pour des volumes séparés , que je pourrai donner dans la suite par forme de Supplémens, & sous le titre d'*Annotations*.

Quoique je me sois abstenu d'employer aucune expression d'Algèbre , aucun signe de Géométrie : par ménagement pour le

**P R E F A C E.**      xix

Lecteur à qui ce langage ne seroit point assez familier ; je n'ai pourtant point porté ces sortes d'égards jusqu'à m'interdire l'usage des termes consacrés ; j'ai conformé ma diction à celle qui est généralement reçue , afin que la lecture de mon Ouvrage puisse servir d'introduction à celle des autres Livres de Physique ; mais j'ai eu soin de distinguer ces mots par le caractère italique : la première fois qu'ils sont employés , de les définir , & de les expliquer le plus nettement qu'il m'a été possible. Et pour ne point interrompre aussi le discours par des définitions trop fréquentes , & qui seroient inutiles pour quantité de personnes , j'ai mis à la tête de ce premier Volume un petit Dictionnaire & une Planche où les Com-



mençans trouveront l'explication des termes qui se rencontrent fréquemment dans le cours de l'Ouvrage , & que j'ai supposé être connus du plus grand nombre.

Je ne me présente ici sous les auspices d'aucun Philosophe : ce n'est ni la Physique de Descartes , ni celle de Nevvton , ni celle de Leibnitz , que je me suis prescrit de suivre particulièrement ; c'est , sans aucune préférence personnelle , & sans distinction de nom , celle qu'un accord général & des faits bien constatés me paroissent avoir solidement établie. Pénétré de respect , & même de reconnaissance pour les grands hommes qui nous ont fait part de leurs pensées , & qui nous ont enrichis de leurs découvertes , de quelque Nation qu'ils soient , & dans quelque

**P R E F A C E.**      xxj

tems qu'ils ayent vécu , j'admire leur génie jusques dans leurs erreurs , & je me fais un devoir de leur rendre l'honneur qui leur est dû ; mais je n'admets rien sur leur parole , s'il n'est frappé au coin de l'expérience ou démontré selon les règles : en matière de Physique , on ne doit point être esclave de l'autorité ; on devroit l'être encore moins des ses propres préjugés , reconnoître la vérité par-tout où elle se montre , & ne point affecter d'être Nevvtonien à Paris , & Carthésien à Londres.

Pour me renfermer plus exactement dans les bornes de mon Titre , je me suis dispensé de rapporter les différens systêmes qui ont été proposés sur le mécanisme de l'Univers , & qui ont partagé les Philosophes tant anciens

que modernes. Quoiqu'on puisse absolument ignorer tous ces efforts d'imagination qui, pour la plûpart, ne font point assez d'honneur à l'esprit humain, & dont le plus beau ne peut passer que pour un ingénieux *peut-être*; cependant on ne peut guère se refuser la connoissance de ceux qui ont eu le plus de crédit, & je rapporterois volontiers ici ce qu'ont pensé Descartes & Nevvton à cet égard, si je n'avois été prévenu par un Auteur, dont l'Ouvrage \* est entre les mains de tout le monde, & qui a traité cette matiere avec le même agrément qu'on rencontre dans tous ses écrits.

C'est encore pour ne point passer au-delà d'une Physique sensible & appuyée sur des faits, que

\* Hist. du Ciel, Liv. 2.

P R E F A C E.   xxiiij

j'écarte soigneusement toutes les questions métaphysiques qui pourroient tenir en quelque sorte aux matières que j'ai à traiter : si l'on est curieux de suppléer à cette omission , que j'ai faite à dessein , en pourra lire avec beaucoup de satisfaction les ouvrages du P. Malebranche , & sur-tout celui qui a pour titre, *la Recherche de la Vérité.*

J'ai suivi, en écrivant mes Leçons , la même méthode que j'ai coûtume d'employer quand je les fais de vive voix. Je choisis dans chaque matière ce qu'il y a de plus intéressant , de plus nouveau , & qui me paroît le plus propre à être prouvé par des expériences. J'explique , avec le plus de précision & de netteté qu'il m'est possible , l'état de la question , j'en rappelle l'origine, & j'indique, autant que

xxiv. *P R E F A C E.*

je le sçais , les Auteurs qui passent pour l'avoir traitée avec le plus de succès : je la prouve ensuite par des opérations dont je fais connoître le mécanisme , ayant soin d'en écarter tout ce qui pourroit s'y mêler d'étranger , pour ne point partager l'attention. Enfin je ramène , soit à la question même , soit aux faits qui m'ont servi de preuves , tout ce qui peut y avoir rapport dans les Phénomènes de la nature , dans les procédés des Arts , dans les machines le plus en usage pour les commodités de la vie civile. C'est ainsi que j'en ai toujours usé depuis l'établissement de mes Cours ; & quoique j'aye étudié avec attention le goût du Public à cet égard, je n'ai rien apperçu qui pût me déterminer à changer cet ordre :

j'ai

J'ai crû voir au contraire qu'il avoit tout l'effet que je m'étois proposé qu'il eût. Il m'a semblé que des principes assez souvent abstraits , & que l'on ne pourroit apprendre de suite sans une application laborieuse , s'insinuoient plus aisément dans l'esprit , lorsqu'ils étoient ainsi entrecoupés par des expériences intéressantes , qui obligent d'en reconnoître & la vérité & l'utilité.

Dans la distribution des Matières qu'on doit regarder comme le fond de cet Ouvrage , je me suis attaché à rassembler sous un même titre , celles qui sont nécessairement liées ensemble , & j'ai eu soin de faire précéder les propositions qui peuvent s'entendre plus facilement , & qui doivent servir comme de princi-

pes pour l'intelligence des autres ; ainsi quoiqu'on puisse à la rigueur prendre chaque Leçon séparément , & que la plupart aient entr'elles une espèce d'indépendance , je conseillerai toujours au Lecteur qui voudra les suivre avec plus de facilité & de profit , de les voir dans l'ordre où elles sont , parce qu'il trouvera dans les premières des notions qui pourront l'aider pour la suite.

Les faits dont je me sers pour prouver mes propositions , ne sont pas toujours ni aussi nombreux ni aussi nouveaux qu'ils pourroient l'être. Ceux qui ont vû l'appareil de mes Instrumens , en assistant à mes Cours , seront peut-être surpris de ne retrouver dans les gravûres de cet Ouvrage , qu'une partie de ce qu'ils ont vû dans mes

P R E F A C E.   xxviij

cabinets ; il est juste d'exposer les motifs qui m'ont fait supprimer ce qu'on pourroit peut-être désirer de plus , si j'annonçois ces volumes comme un recueil de mes Démonstrations.

Depuis que j'enseigne la Physique expérimentale , j'ai eu tout lieu de reconnoître que le moyen le plus sûr de captiver l'attention, & de faire naître promptement les idées, c'est , suivant la pensée d'un Poëte célèbre ,\* de parler aux yeux par des opérations sensibles. En conséquence de cette vérité , je me suis pourvû de certaines machines que j'ai imaginées pour faire entendre mes pensées aux personnes qui n'ont des Sciences qu'une teinture très-

*\* Segnius irritant animos demissa per aures,  
Quàm quæ sunt oculis subiecta fidelibus.*

Horat. de Arte Poët.



légère, & pour leur faire prendre plus facilement & en moins de tems, certaines notions sans lesquelles on ne feroit pas bien l'état d'une question, ou les preuves qui en établissent la théorie. Mais comme ces moyens n'ont de force que dans l'usage même qu'on en fait, & que les pièces qui les composent n'expriment rien, si elles ne sont en jeu; il eût été inutile d'en donner la figure ou la description; c'eût été multiplier, sans aucun avantage, des planches qui sont déjà assez nombreuses.

Une autre raison pour laquelle je me suis dispensé de représenter dans cet Ouvrage tout ce qu'on voit dans mon Ecole, c'est que je n'ai pas crû devoir y faire entrer plus d'expériences qu'il

n'en faut pour prouver solidement la doctrine qu'il renferme. Je l'ai déjà dit ailleurs ; \* je n'ai jamais prétendu faire de mes Leçons un spectacle de pur amusement , où l'on vît répéter , sans dessein & sans choix , un grand nombre d'expériences capables seulement d'occuper les yeux. Je crois être plus en état que personne en France , de satisfaire les Curieux par l'assortiment des machines dont je suis muni : mais je ferois peu flâté qu'on ne vînt chez moi que pour y voir opérer ; & je suppose toujours une curiosité plus raisonnable dans mes Auditeurs. C'est pourquoi de tous les faits que je suis en état de produire pour prouver chaque Pro-

\* Programme ou Idée gén. d'un Cours de Phys. dans la Préf. p. x.

position , je n'employe jamais qu'un certain nombre qui soit suffisant ; & par cette économie je gagne du tems pour des choses plus nécessaires , & je me mets en état de varier agréablement & utilement mes preuves , pour des personnes qui assistent plusieurs fois à mes Cours. J'ai eu la même attention en écrivant ; je n'ai point voulu que le Lecteur , ébloüi d'un nombre superflu d'opérations , pût perdre de vûë la doctrine qu'il s'agit d'établir : en lui rapportant des faits dignes d'attention , j'ai compté mettre sous ses yeux des preuves qui affermissent ses connoissances. En un mot , soit en ouvrant mon Ecole au Public , soit en lui offrant mes Leçons écrites , mon intention a toujours été qu'il y trouvât un cours de Phy-

sique expérimentale , & non pas un cours d'expériences.

Par la description que j'ai donnée des instrumens sous le titre de *Préparation* , je n'ai pas prétendu mettre suffisamment au fait de leur construction ceux qui voudroient les imiter : il auroit fallu entrer dans un détail de proportions , de choix de matieres , de précautions à prendre , & bien souvent de connoissances un peu étrangères à mon objet , qui auroient grossi considérablement les volumes , & cela en pure perte pour la plûpart des Lecteurs , à qui il suffit de voir en gros , qu'un tel effet peut être produit par une certaine mécanique. Mais comme je sens de reste combien il seroit utile qu'il y eût de bonnes instructions sur le choix des Inf-

civ

trumens de Physique , & sur la maniere de les construire , pour aider le zèle des Amateurs ou des Sçavans qui s'appliquent à cette Science , & dont le nombre s'accroît tous les jours ; j'ai résolu de rassembler dans un Ouvrage séparé ce qu'un long usage aura pû m'apprendre touchant cette matière. Ce dessein s'exécute actuellement , & l'on en peut voir quelques fragmens dans les Mémoires de l'Académie des Sciences pour les années 1740. & 1741. , où j'ai seulement supprimé les pratiques qui regardent l'Ouvrier.

Quant au choix des expériences , j'ai quelquefois préféré celles qui sont connues depuis long-tems , à d'autres plus récentes , parce que je leur ai trouvé un rapport plus direct aux propositions

que j'avois à prouver , ou parce qu'elles donnoient lieu à des applications plus intéressantes , ou bien enfin parce qu'elles m'ont paru trop belles pour être omises ; leur date alors m'a semblé d'autant plus indifférente , que , comme cet Ouvrage n'est point fait pour des Sçavans de profession , la plûpart de ceux qui les y verront , leur trouveront encore tout l'agrément de la nouveauté : & d'ailleurs les choses n'ont elles de mérite qu'autant qu'elles sont nouvelles ?

On me reprochera peut-être d'avoir fait entrer dans les *Applications* quelques remarques d'une mince utilité ; soit que l'objet en mérite peu la peine , soit qu'elles se présentent d'elles-mêmes à tout le monde. Mais on doit

faire attention que cet Ouvrage n'est pas fait seulement pour des personnes qui ont déjà vécu un certain tems dans le monde , & à qui l'usage a donné quelques idées, obscures & confuses , à la vérité , mais avec lesquelles on peut sentir les causes prochaines de ces effets les plus communs. Je le destine principalement aux jeunes gens de l'un & de l'autre sexe, qui passent les premières années de leur vie dans des Collèges ou dans des Pensions , pour qui tout est nouveau dans la Nature , dont l'esprit est naturellement avide de ces sortes de connoissances , & qu'il convient d'accoutumer , par des exemples faciles & familiers , à des idées claires & distinctes , & à des inductions judicieuses ; car , c'est la

réflexion d'un Sçavant \* bien respecté , & bien digne de l'être , qu'il est toujours utile de penser juste, même sur des sujets inutiles.

Au reste il faut prendre garde de confondre l'effet avec la cause ; l'un pourroit être connu du Payfan le moins instruit , pendant que l'autre ne le seroit pas du plus sçavant Philosophe. Quelqu'un ignore-t'il qu'une éponge , une pierre tendre, un morceau de sucre se mouille entièrement avant que d'être tout-à-fait plongé ? mais quelqu'un sçait-il bien pourquoi cela se fait ? D'ailleurs les phénomènes les plus communs ne le paroissent pas toujours également , quand on les considère par toutes les faces. Tout le mon-

\* M. de Fontenelle, Hist. de l'Académie des Sciences 1699. dans la Préf. p. xi.



de sçait qu'une pierre tombe en vertu de sa pésanteur ; mais tout le monde ne sçait pas qu'en tombant elle doit parcourir des espaces qui répondent aux quarrés des tems de sa chute. En faisant application de ce dernier effet, après l'avoir prouvé , si je dis qu'une bouteille ou un verre peut se casser en tombant , assurément je n'instruis personne ; si je dis encore qu'en tombant de plus haut , les corps fragiles courent un plus grand risque , cette vérité ne paroîtra pas plus neuve que la première : mais si j'ajoute qu'un Corps grave en tombant se brise en vertu de sa chute accélérée , & qu'on peut prévoir l'effort qu'il sera capable de faire à la fin de cette chute , en méfurant la hauteur du lieu d'où il tombe ; je ne

**P R E F A C E.** xxxvij

crois pas que cette observation soit inutile pour tous ceux à qui je la propose ; & si quelqu'un après l'avoir lûë se plaignoit que j'aye voulu lui apprendre qu'un verre peut se casser en tombant , ou qu'il se brise plus sûrement en tombant de plus haut , il feroit voir qu'il a peu de discernement , ou beaucoup de mauvaise humeur.

Graces au bon goût qui règne dans notre siècle , je puis me dispenser de prouver que la Physique est utile , & qu'il n'y a personne qui ne puisse prendre part aux découvertes dont elle s'enrichit tous les jours. Quoique cette Science porte un nom Grec , on sçait maintenant que son objet n'est point étranger ; que les connoissances qu'elle offre intéressent tout le monde ; & que lorsqu'elle

## xxxvii] P R E F A C E.

prononce par la voix de l'expérience , elle peut être entenduë à tout âge & en tous lieux. L'étude de la Nature étoit encore , pour ainsi dire , au berceau ; la connoissance qu'on avoit de ses phénomènes & de leurs causes , méritoit à peine le nom de Science , qu'un des plus grands hommes de l'Antiquité la vantoit déjà comme une ressource pour l'esprit humain , comme une occupation dont il pouvoit tirer avantage dans tous les tems & dans toutes les circonstances de la vie. \* Avec combien plus de raison ne pourroit-on pas la recommander comme telle , à pré-

\* *Hæc studia adolescentiam alunt , senectutem oblectant ; secundas res ornant , adversis perfugium ac solatium præbent ; delectant domi , non impediunt foris : pernoctant nobiscum , peregrinantur , rusticantur.* Cic. pro Archia Poët. n°. 16.

sent qu'elle occupe dans tous les états policés des compagnies de Sçavans , que les Princes honorent de leur protection , & qu'ils entretiennent par leurs libéralités ; à présent , dis-je , que les progrès s'annoncent tous les ans par des volumes , où chacun peut puiser selon son goût , ou selon ses besoins , des connoissances , dont le moindre avantage est d'orner l'esprit.

Quelque état que l'on prenne dans le monde , il est bien rare que l'on n'ait pas à réfléchir sur la force des Corps qui se meuvent par leur poids , ou autrement , sur celle des animaux , sur l'impulsion & le mouvement des fluides , sur l'action & sur les effets d'une infinité de machines , nouvelles ou anciennes , touchant

le choix desquelles on a souvent intérêt de sçavoir décider à propos. Est-il possible de voir ces effets admirables des télescopes , des lunettes , des microscopes , dont l'usage est aujourd'hui si commun , sans désirer d'en connoître la mécanique & les propriétés, sur lesquelles la construction de ces instrumens est fondée ? A qui peut-il être inutile d'apprendre ce qu'il y a de nouveau dans une Science d'où dépendent nos amusemens les plus raisonnables , nos commodités , nos besoins ? A qui peut-il être indifférent de sçavoir ou d'ignorer des choses qui peuvent occuper , au moins agréablement , dans des tems , dans des lieux où les douceurs de la société nous manquent ?

Mais

P R E F A C E. xlj

Mais l'avantage le plus précieux , & que toute ame bien née ne manque pas de ressentir en étudiant la Nature . c'est la nécessité où l'on est de reconnoître par-tout l'Etre suprême qui a formé ce vaste univers , & qui préside sans cesse à ses propres œuvres. Plus on avance dans cette étude , plus on est convaincu que ce qui en fait l'objet , n'est point une production du hazard ; tout y annonce une puissance infinie qui étonne , une sagesse profonde qu'on ne peut assez admirer , des intentions & une bonté qui méritent toute notre reconnoissance. Ces merveilles que nous ayons sous les yeux parlent au cœur autant qu'à l'esprit ; en éclairant l'un il est naturel qu'elles touchent l'autre : ce que nous en apprenons

en nous rendant moins ignorans que le vulgaire , peut aussi faire naître en nous des sentimens plus vifs , & nous rendre plus fidèles à nos devoirs.

Un illustre Prélat \*, en faisant l'Histoire de l'Education d'un grand Prince, qui lui avoit été confiée , me fournit un exemple & une preuve bien authentique des bons effets qu'on peut attendre de la Physique , lorsque les principes de cette Science sont enseignés avec dessein & avec choix , & que celui qu'on en instruit est capable de réflexion. Je finis cette Préface par la traduction de ses propres paroles , telle qu'on la trouve dans celui de ses

\* M. Bossuet , Evêque de Meaux , dans sa Lettre Latine au Pape Innocent XI. touchant l'éducation de feu Monseigneur le Dauphin , p. 16.

# P R E F A C E. xliij

Ouvrages qui a pour titre , *Politique tirée de l'Ecriture Sainte* , p.

41. \* “ Pour l'expérience des cho-

„ ses naturelles, dit-il , nous avons

„ fait faire devant le Prince les

„ plus nécessaires & les plus bel-

„ les. Il n'y a pas moins trouvé

„ de profit que de divertissement;

„ elles lui ont fait connoître l'in-

„ dustrie de l'esprit humain & les

„ belles inventions des Arts, soit

„ pour découvrir les sectets de la

„ Nature , ou pour l'embellir , ou

„ pour l'aider. Mais ce qui est plus

„ considérable, il y a découvert

„ l'art de la Nature même, ou plû-

*\* Experimenta verò rerum naturalium sic exhibere fecimus, ut in his Princeps ludo suavissimo atque utilissimo, humana mentis historiam, præclaraque artium inventa, quibus naturam & retergerent & ornarent, interdum adjuvarent; ipsam denique naturam artem, immò summæ Opificis & potentissimam & occultissimam Providentiam miraretur Bosluet, loco citato.*



„ tôt la Providence de Dieu, qui  
„ est tout à la fois si visible & si  
„ cachée. „



# EXPLICATIONS

*De quelques termes de Géométrie employés dans cet Ouvrage.*

**A**IRE, superficie ou espace enfermé dans une figure quelconque ; l'aire du cercle, par exemple, est l'étendue qui est terminée par la circonférence.

**ANGLE**, ouverture de deux lignes qui se rencontrent en un point comme  $AC$ ,  $BC$ , *fig. 1.* le point de concours se nomme le *sommet* ou la *pointe* de l'angle. On distingue principalement trois sortes d'angles : sçavoir, l'angle *aigu*, l'angle *droit*, & l'angle *obtus* : l'angle aigu est celui dont l'ouverture embrasse moins que le quart d'un cercle qui auroit pour centre le sommet de l'angle, comme  $ACB$ , *fig. 1.* l'angle droit est celui dont l'ouverture embrasse justement un quart de cercle, comme  $ACD$  ; & l'angle obtus est celui dont l'ouverture est plus grande qu'un quart de cercle comme  $ACE$ .

**ANGULAIRE**, qui a un ou plusieurs angles.

**ANGULEUX**, ce terme est quelquefois

employé pour signifier qu'un corps est tranchant par plusieurs endroits.

ARC, partie de la circonférence d'un cercle. Comme toute cette ligne est divisée en 360 parties égales, les arcs se distinguent entre eux par le nombre de ces parties ou degrés qu'ils contiennent; ainsi l'on dit, un arc de 10, de 30, de 50 degrés, celui qui en contient justement 90, se nomme plus ordinairement *quart de cercle*; comme lorsqu'il en a 180, on l'appelle communément *demi cercle*, tels sont les arcs; *ABD*, *ADF*, *fig. 1*. On donne aussi le nom d'arc aux parties de toutes les autres courbes qui ne sont point circulaires; on dit l'arc d'une parabole, d'une ellipse, &c.

ATMOSPHERE, vapeurs, ou exhalaisons qui sortent d'un corps, & qui l'entourent uniformément jusqu'à une certaine étendue; ce mot s'entend communément de la masse d'air qui enveloppe le globe terrestre, & qui reçoit tous ce qui s'exhale continuellement de la terre.

AXE, ligne droite qu'on suppose immobile pendant que le corps qu'elle traverse fait sa révolution autour d'elle. L'axe d'une sphère ou d'un globe, est

une ligne droite qui passe au centre, & qui aboutit à deux points opposés de la surface, qu'on nomme *pôles*. L'axe d'un cône est aussi une ligne droite qui commence au sommet, & qui aboutit au centre de la base, comme *IK*, *fig. 2.*

**BASE**, ce qui sert de fondement & d'appui à quelque corps ou à quelque machine ; on appelle la base d'un cône ou d'une pyramyde, le plan le plus bas qui les termine, comme le cercle représenté par *LMK*, *fig. 2.*

**CENTRE**, milieu, ou l'endroit qui est également distant de toutes les parties opposées & correspondantes d'un même corps. Le centre du cercle est un point également éloigné de tous ceux qui composent la circonférence, comme *C*, *fig. 1.* Le centre d'une sphère ou d'un globe, est le point qui est également distant de toute la superficie. On donne quelquefois le nom de centre à un point qui n'est pas également distant de tous ceux qui terminent la figure ; il suffit qu'il partage en deux parties égales tous ses diamètres : ainsi *P* peut être regardé comme le centre de l'ellipse représentée par la *fig. 3.*

**CERCLE**, figure terminée par une li-

xlvijj      E X P L I C A T I O N S.

gne courbe, dont tous les points *A, D, F, G, &c.* sont également distans d'un autre point *C*, qu'on nomme le *centre*, *fig. 1.* On est convenu de diviser tout cercle, petit ou grand, en 360 parties égales, qu'on nomme *dégrés*; de sorte que ces parties sont toujours proportionnelles, c'est-à-dire, plus grandes dans les grands cercles, plus petites dans les plus petits, mais toujours en même nombre dans les uns & dans les autres. Chaque degré se subdivise en 60 *minutes*, chaque minute en 60 *secondes*, & chaque seconde en 60 *tierces*. Dans la sphère on distingue deux sortes de cercles, les grands & les petits. Les premiers sont ceux dont le diamètre passe au centre même de la sphère, tels sont l'Equateur, l'Horison, le Zodiaque, &c. On appelle petits cercles, ceux dont le plan ne partage pas la sphère en deux parties égales; ou, ce qui est la même chose, dont le centre n'est pas le même que celui de la sphère: tels sont les cercles polaires & les deux tropiques.

CIRCONFERENCE, ligne courbe qui rentre sur elle même, qui termine & renferme un certain espace; telle est la  
ligne

# EXPLICATIONS. xlix

ligne  $Q T R S$ , *fig. 3.* ou  $A D F G$ , *fig. 1.* On confond assez souvent le cercle avec sa circonférence; cependant, à parler exactement, la circonférence est une ligne qui termine, & le cercle est l'espace terminé.

CIRCULAIRE, qui a la forme d'un cercle, ou qui se fait en tournant autour d'un centre; le mouvement d'une fronde est circulaire.

CONCAVE, qui est creux & rond; le dedans d'une calote ou d'un chapeau est concave.

CONCENTRIQUE, qui a le même centre; le cercle  $n o b$ , *fig. 4.* est concentrique à  $N O H$ ; parce que le centre  $C$  est commun aux deux.

CÔNE, corps solide formé par la révolution d'une ligne droite fixée par un bout, & qui décrit par l'autre un cercle dont le rayon est plus petit qu'elle, c'est la forme qu'on donne communément aux pains de sucre; voyez la *fig. 2.* le point  $I$  se nomme le *sommet* ou la *pointe* du cône; la ligne  $I K$ , son *axe*; & le cercle  $L M K$ , sa *base*.

CONIQUE, qui a la figure d'un cône ou qui appartient au cône, les différentes figures qui naissent de la coupe

# I      E X P L I C A T I O N S .

d'un cône, se nomment *sections coniques*.

CONVERGENTS, se dit de deux rayons de lumière qui tendent à se réunir en un point. Si  $AC$ ,  $BC$ , *figure 1.* étoient deux rayons de lumière qui partissent des points  $A$  &  $B$ , leur *convergence* seroit en  $C$ , & le degré de cette convergence seroit exprimé par la valeur de l'angle  $ACB$ .

CONVEXE, courbé ou cintré comme la surface extérieure d'un globe.

CORDE, en terme de Géométrie est une ligne droite dont les extrémités terminent un arc de cercle comme  $NO$ , *fig. 4.* Cette ligne se nomme aussi *souss-tendante*. Si l'arc qu'elle mesure étoit la moitié de la circonférence, ou bien si elle passoit au centre du cercle, alors elle se nomméroit *diamètre*.

COURBE, se dit d'une ligne dont toutes les parties ne sont pas dans la même direction, telle que l'arc  $ABD$ , *fig. 1.* On appelle aussi surface courbe, celle dont toutes les parties ne sont pas dans le même plan; telle est celle d'un globe, d'un cylindre, &c.

CUBE, corps solide régulier, terminé par six faces carrées & égales: les dez à jouer sont de petits cubes: voyez la *fig. 5.*

## EXPLICATIONS. h

**CUBIQUE**, qui a les dimensions d'un cube; un pied cubique exprime une quantité de matière contenue sous six faces, dont chacune est d'un pied en quarré.

**CURVILIGNE**, qui est composé de lignes courbes.

**CYLINDRE**, est un solide composé de plusieurs plans circulaires, égaux & concentriques: le premier & le dernier de ces cercles prennent le nom de *base*, & la ligne *AB* qui passe par tous les centres, se nomme l'*axe* du cylindre. *Voyez la figure 7.*

**CYLINDRIQUE**, qui a la forme ou les dimensions d'un cylindre; ce qui doit s'entendre d'une cavité, comme d'un corps solide. Un corps de pompe doit être intérieurement bien cylindrique.

**DIAGONALE**, ligne droite qui va d'un angle à l'autre opposé, dans une figure à plusieurs côtés; telle est *VX*, *fig. 6.*

**DIAMETRE**, ligne droite qui partage un cercle en deux parties égales, comme *GD*, *fig. 1.* On appelle aussi de ce nom les lignes qui passent par le centre des autres figures; comme *ST* *fig. 3.* ou *VX*, *fig. 6.* On mesure les cercles par



liij      E X P L I C A T I O N S .

leurs diamètres , comme auffi toutes les figures & tous les corps réguliers qui font composés de cercles ; ainsi l'on compare les cylindres & les sphères par leurs diamètres.

DIVERGENTS , se dit de deux rayons de lumière qui partent d'un même point , & qui vont en s'écartant l'un de l'autre , comme  $C A$  ,  $C B$  , partant du point  $C$  , *fig. 1.* la *divergence* se mesure par la valeur de l'angle que font les rayons en s'écartant.

EQUILATERAL, qui a ses côtés égaux, tel est le triangle  $C D E$  , *fig. 8.* composé de trois lignes égales ; celui des côtés sur lequel le triangle est posé , se nomme sa *base* , & l'angle qui est opposé , s'appelle le *sommet*.

EXAGONE , qui a six côtés ou six faces ; on dit un plan exagone ; une pyramide exagone.

EXCENTRIQUE , qui n'a pas le même centre ; le cercle  $o h i$  , *fig. 4.* est excentrique aux deux autres de la même figure , parce que son centre  $D$  n'est pas le même que le leur qui est en  $C$  ; & la distance qui est entre  $C$  &  $D$  , est la mesure de cette *excentricité*.

GLOBE , est un solide régulier ,

dont tous les points de la surface sont également distans d'un centre commun , *fig. 9.*

GLOBULE , petit globe : on se sert souvent de ce mot pour signifier un petit corps rond dans tous les sens ; le mercure en se divisant se met en globules ; les petites parties d'air paroissent dans l'eau en forme de globules.

HEMISPHERE , moitié de sphère ou de globe : on entend assez souvent par ce mot, cette partie de la terre qui est bornée par l'horizon rationel ; le Soleil éclaire tous les jours notre hémisphère.

HORIZONTAL , parallèle à l'horizon : ce mot désigne la position d'un plan ou d'une ligne.

INCIDENCE , signifie la chute ou la direction d'une ligne sur une autre ligne ou sur un plan : on appelle *angle d'incidence* , celui qui est formé par cette rencontre.

LIGNE , est une suite de points qui se touchent : s'ils sont dans la même direction , ils forment une *ligne droite* comme *EF*, *fig. 10.* sinon ils font une *ligne courbe* comme *EGF*. On conçoit toutes les lignes courbes comme des assemblages de lignes droites infiniment

petites , inclinées les unes aux autres ,  
*ef, fg, gh, ik, &c. fig. 10.* en ce sens il n'y  
 a point de ligne courbe proprement  
 dite.

OBTUS , se dit d'un angle qui a  
 plus de 90 degré. *Voyez ANGLE.*

PARALLÈLE , se dit d'une surface  
 ou d'une ligne qui , dans toute son  
 étendue , est également distante d'une  
 autre ligne ou d'une autre surface.  
 Les lignes *Xx* & *Vu* , de la *fig. 6.*  
 sont parallèles entr'elles.

PARALLELOGRAMME , figure plane  
 dont les côtés opposés sont parallèles  
 entr'eux ; telle est la *fig. 6.*

PENTAGONE , figure plane , termi-  
 née par cinq côtés.

PERPENDICULAIRE , en parlant d'u-  
 ne ligne ou d'une superficie , signifie  
 qu'elle se présente à une autre ligne  
 ou surface , de manière qu'elle fait  
 avec elle deux angles droits , ou au  
 moins un ; la ligne *HI* , *fig. 11.* est  
 perpendiculaire à *LM*.

PLAN , étendue ou superficie droite  
 & unie , terminée par une ou par plu-  
 sieurs lignes droites ou courbes : la *fig.*  
*1.* représente un plan circulaire , la  
*fig. 6.* représente un plan carré.

# EXPLICATIONS. IV

**POINT**, étendue fort petite, dont on confond les dimensions.

**PÔLE**, l'une des extrémités de l'axe autour duquel se font des révolutions, Les pôles du Monde sont les deux points immobiles autour desquels se fait le mouvement de toute la sphère.

**POLYGONE**, figure qui a plusieurs côtés, c'est le nom générique dont les espèces sont, le triangle, le quarré, le pentagone, l'exagone, &c.

**PRISME**, corps solide terminé aux deux bouts par des plans polygones, égaux, semblables & parallèles, & dans sa longueur, par autant de parallélogrammes qu'il y a de côtés aux deux polygones qu'on nomme les *bases*. Quand ces deux bases sont des triangles, le prisme se nomme *triangulaire*, tel est celui qui est représenté par la *Fig. 12.*

**PRISMATIQUE**, qui a la figure d'un prisme, ou qui a quelque rapport au prisme : on appelle *verres prismatiques*, ceux dont on se sert pour séparer les rayons de la lumière : on appelle aussi quelquefois *couleurs prismatiques*, les rayons colorés de lumière, qu'un prisme de verre fait appercevoir.

Ivj      EXPLICATIONS.

**PYRAMIDE**, corps solide qui a plusieurs faces, & qui s'élève en diminuant, *fig. 13*. Le cône peut-être regardé comme une pyramide ronde.

**QUADRILATERE**, figure terminée par quatre lignes droites. La *Figure. 6* est un quadrilatère régulier.

**QUARRÉ**, figure à quatre côtés, qui a les quatre angles droits : si les quatre côtés son égaux, elle se nomme *quarré parfait* ; s'il y en a deux longs & deux courts, qui soient opposés entr'eux ; elle se nomme *quarré long* ; la *Fig. 6.* est de la première espèce.

**RAYON**, en parlant d'un cercle, est une ligne droite tirée du centre à la circonférence, telle est *CB* ou *CD*, *Fig. 1.* le rayon du cercle s'appelle aussi *demi-diamètre*.

**RECTANGLE**, se dit d'une figure qui a un ou plusieurs angles droits : le triangle *VX $\pi$* , *Fig. 6.* est rectangle, parce que l'un de ses angles  $\pi$  est droit.

**RECTILIGNE**, qui est composé de lignes droites ; les deux triangles, ou le quarré de la *Fig. 6.* sont des figures rectilignes.

**SECTEUR**, est un triangle formé par un arc & par deux rayons : tel est *AB*

**C**, *Fig. 1.* Le secteur d'une sphère est une cône droit, dont la base aboutit au plan d'un segment.

**SEGMENT** est une portion d'une figure curviligne, terminée par un arc & par une corde; *O Z N*, *Fig. 1.* est un segment de cercle. On dit aussi *segment de sphère*, pour exprimer la partie qui est contenuë sous une portion de la surface convexe, & sous un plan qui ne passe point par le centre, c'est en quoi le segment diffère de l'hémisphère.

**SINUS**, est une ligne droite qu'on tire de la pointe d'un arc de cercle, perpendiculairement sur le diamètre qui passe par l'autre bout du même arc, & celui-la s'appelle *sinus droit*: comme *H K*, *Fig. 1.* mais la partie du diamètre coupé par le sinus droit j'usqu'à la circonférence, s'appelle *sinus verse*, ou *flèche*, *K G*; & le rayon entier, ou demi-diamètre, est le *sinus total*, ou le plus grand de tous les sinus.

**SPHÈRE.** Voyez **GLOBE**.

**SPHÉRIQUE**, qui a la figure d'une sphère, comme une balle parfaitement ronde de toutes parts.

**SPHÉROÏDE**, corps solide qui approche beaucoup de la figure sphé-

lviiij      EXPLICATIONS.      Fig. 2.  
 rique, mais qui n'est pas parfaiten-  
 rond de toutes parts, n'ayant p-  
 tous les diamètres égaux; telle e-  
 figure qu'on attribué maintenant  
 Terre.

TRIANGLE, figure comprise fo-  
 trois lignes qui forment trois angle  
*CDE*, Fig. 8. Les triangles reçoive  
 différens noms. suivant la nature d  
 lignes & des angles qui les compo-  
 sent. Ainsi l'on appelle triangle *recti-*  
*gne*, celui qui est composé de ligne  
 droites; *curviligne*, celui qui est form-  
 par des lignes courbes; *mixte*, celu  
 dont les côtés sont en partie droits &  
 en partie courbes; *rectangle*, celui qui  
 a un angle droit, *équilateral*, celui dont  
 les trois côtés sont égaux, &c.

VERTICAL, se dit de ce point du  
 Ciel qui répond directement au-dessus  
 de notre tête, ce que l'on nomme au-  
 trement *Zénith*: une ligne qui tombe  
 à plomb de ce point, est nécessaire-  
 ment perpendiculaire à l'horizon;  
 c'est pourquoi l'on se sert quelque-  
 fois de ce mot pour exprimer une di-  
 rection qui tombe à angles droits sur  
 un plan horizontal.



Fig. 2.

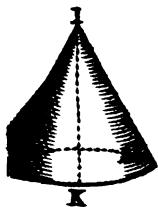


Fig. 3

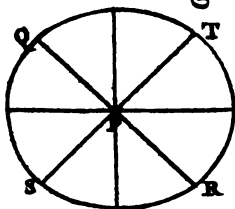


Fig. 5.

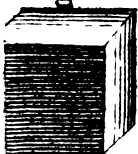


Fig. 6.

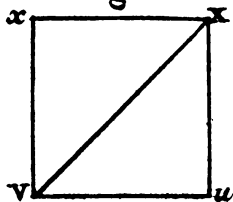


Fig. 9.

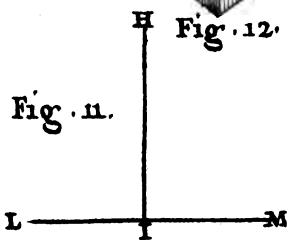


Fig. 12.

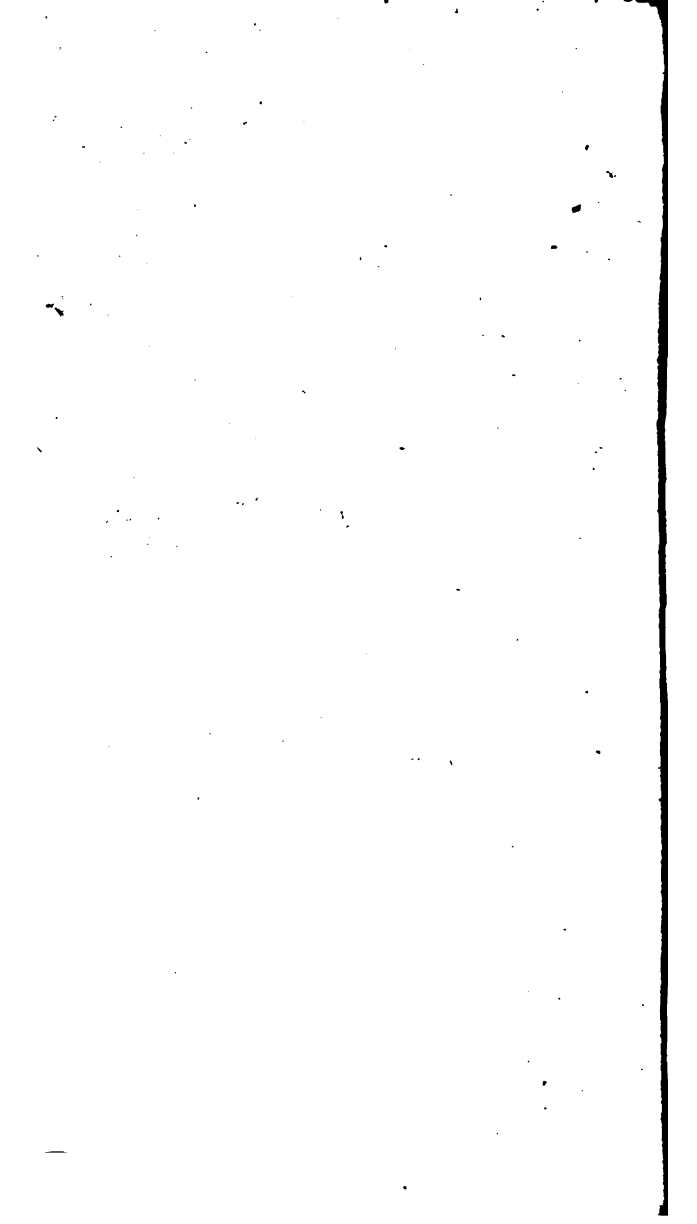
15.



Fig. 11.







# *AVIS AU RELIEUR.*

Les Planches doivent être placées de manière qu'en s'ouvrant elles puissent sortir entièrement du livre, & se voir à droite, dans l'ordre qui suit.

## *TOME PREMIER.*

	VIII. page	planche *
I. LEÇON.	34 . . . . .	1
	50 . . . . .	2
	60 . . . . .	3
	80 . . . . .	4
II. LEÇON.	96 . . . . .	1
	120 . . . . .	2
	136 . . . . .	3
	176 . . . . .	4
III. LEÇON.	188 . . . . .	1
	222 . . . . .	2
	258 . . . . .	3
IV. LEÇON.	280 . . . . .	1
	286 . . . . .	2
	288 . . . . .	3
	300 . . . . .	4
	314 . . . . .	5
	326 . . . . .	6
	372 . . . . .	7

V. LEÇON.	10 page	planche	I
	24 . . . .		2
	42 . . . .		3
	86 . . . .		4
	90 . . . .		5
	97 . . . .		6
VI. LEÇON.	154 . . . .		1
	174 . . . .		2
	204 . . . .		3
	214 . . . .		4
	226 . . . .		5
VII. LEÇON.	254 . . . .		1
	266 . . . .		2
	270 . . . .		3
	278 . . . .		4
	314 . . . .		5
	320 . . . .		6
	338 . . . .		7
VIII. LEÇ.	396 . . . .		1
	470 . . . .		2



# LEÇONS DE PHYSIQUE EXPERIMENTALE.



## PREMIERE LEÇON.

---

### PRELIMINAIRE.



A Physique est la science des corps ; son objet est de les connoître par leurs propriétés , par les effets qu'ils présentent à nos sens , & par les loix selon lesquelles s'exercent leurs actions réciproques. C'est en quoi principalement elle diffère de l'Histoire Naturelle , qui nous apprend seulement quelles sont les productions de la nature , & les différences sensibles qui les carac-

---

I.  
LEÇON.

## 2 LEÇONS DE PHYSIQUE

I.  
LEÇON.

térifent selon leurs genres & leurs espèces.

Nous appellons *Corps naturels* toutes les substances matérielles dont l'assemblage compose l'univers. Ce que nous remarquons en elles d'uniforme & de constant dont nous n'apercevons pas les causes , nous le nommons *propriété* ; & nous partons de-là comme d'un point fixé , pour expliquer les différens phénomènes , sans oser assurer que ce que nous donnons pour première cause physique , ne soit l'effet d'un autre principe qui nous est inconnu.

Si nous étions certains d'avoir entièrement pénétré la nature des corps ; si nous sçavions , à n'en point douter , qu'ils n'ont point d'autres propriétés que celles qui sont déjà parvenues à notre connoissance , nous pourrions nous flater avec raison d'en avoir une idée complète , & nous n'aurions plus que des applications à faire pour rendre raison des effets naturels , qui sont l'objet de notre étude. Mais il s'en faut bien que nous puissions le presumer ; rien ne nous met en droit de faire une pareille supposi-

## EXPERIMENTALE. 3

tion ; l'expérience qui nous a appris ce que nous sçavons de ces propriétés des corps , bien loin de nous dire qu'elle n'a plus rien à nous faire connoître , semble au contraire nous annoncer une source intarissable de nouvelles découvertes , par celles mêmes que nous faisons tous les jours.

I.  
LEÇON.

Quoique la physique ne puisse pas se vanter de sçavoir tout ce que les corps ont de commun entre eux , ou tout ce qu'il y a de particulier en chacun ; elle connoît cependant un certain nombre d'attributs , qu'elle regarde comme primitifs jusqu'à ce qu'elle apperçoive une cause première dont ils soient les effets , & qui se trouve généralement & d'une matière absoluë dans tout ce qui est matière. *Telles sont , par exemple , l'étendue actuelle , la figure en général , la mobilité , &c.* qui accompagnent tous les corps d'une manière inséparable , dans quelque état ou dans quelque circonstance qu'ils puissent être.

Il est des propriétés d'un ordre inférieur , qui ne conviennent à tous

#### 4 LEÇONS DE PHYSIQUE

**I.**  
**LEÇON.** les corps qu'autant qu'ils sont dans certains états ou dans certaines circonstances : celles-ci pour l'ordinaire ne sont que des combinaisons des premières & forment une seconde classe. Telle est , par exemple , la *liquidité* , qui dépend probablement de la mobilité respective des parties , de leur figure , de leur grandeur : &c. elle ne convient qu'aux matières qui sont dans cet état qui les fait nommer *liqueurs* : elle appartient à l'eau qui peut couler , & point à la glace , quoique ce soit le même corps.

Enfin , ces propriétés du premier & du second ordre , se combinent de plus en plus , & conviennent à un nombre de corps d'autant moindre : alors elles ne s'étendent plus à tous comme les premières ; elles n'embrassent point certains états comme les secondes ; elles se bornent à des genres , à des espèces , aux individus même. Telles sont plusieurs propriétés de l'air , du feu , de la lumière , des métaux , de l'aimant , &c. Nous allons traiter d'abord des propriétés les plus générales ; & nous descendrons ensuite dans le détail de

celles qui sont particulieres à certains corps.

## PREMIERE SECTION.

### *De l'étendue & de la divisibilité des Corps.*

CE qui se présente le premier à nos idées , ou du moins à nos sens , quand nous examinons les Corps qui nous environnent ; c'est leur *étendue* , c'est-à-dire , une grandeur limitée d'une façon quelconque , à laquelle on conçoit des parties distinguées les unes des autres.

L'étendue matérielle dont il s'agit ici , a trois dimensions , *longueur* , *largeur* , & *profondeur* , que les Géomètres considèrent & mesurent séparément l'une de l'autre , mais qui sont inséparables en Physique , car le plus petit corps est solide ; il a au moins deux surfaces réellement distinguées ;  
1<sup>o</sup> comme la profondeur est composée de surfaces , & que les surfaces consistent d'un assemblage de lignes ,



## 6 LEÇONS DE PHYSIQUE

I.  
LEÇON.

il s'ensuit que le moindre de tous les corps est long, large, & profond.

Tous les grands corps, je veux dire ceux dont l'étendue est assez grande pour être visible ou palpable, peuvent se partager en plusieurs portions, qui décroissent toujours de grandeur, à proportion que la division augmente, jusqu'à ce qu'enfin chacune d'elles échappe à nos sens. C'est ainsi que la lime réduit comme en poudre, un morceau de métal que le ciseau a séparé d'une plus grosse masse.

Quelque petites que nous paroissent alors ces portioncules de matière, on se persuade aisément qu'elles sont encore divisibles; les Arts nous font connoître par mille procédés différens; que ces petits corps sont eux-mêmes des assemblages de *molécules* ou petites masses séparables les unes des autres; le grain de froment que la meule met en farine, se subdivise encore bien davantage dans l'eau qui l'aide à fermenter.

Ces molécules elles mêmes qui ne sont sensibles que lorsqu'elles sont plusieurs ensemble, & que nos yeux peuvent à peine distinguer les une

des autres avec le meilleur microscope, se décomposent encore en bien des occasions, & nous font connoître d'une manière évidente, qu'elles ont des *parties* qui peuvent être séparées les unes des autres, & qui bien souvent ne se ressemblent pas. Un morceau de bois mis au feu, cesse bientôt d'être du bois : non-seulement les molécules qui composent sa masse, se désunissent : mais les parties même que la nature avoit liées ensemble pour former ces molécules, cèdent aussi à l'action du feu, & paroissent séparément sous la forme de fumée, de flamme, de cendres, &c.

Enfin, ces dernières parties; souvent différentes entre elles, mais dont l'union formoit de petites masses semblables dans un même tout; ces parties, dis-je, ne sont point encore des êtres que nous puissions regarder comme absolument inséçables. Quoiqu'on leur donne quelquefois le nom de *principes*, c'est plutôt une dénomination d'usage, qu'un titre sur lequel on puisse s'appuyer pour leur attribuer l'indivisibilité physique. On a raison de croire que dans l'état

## 8 LEÇONS DE PHYSIQUE

1.  
LEÇON.

où elles se présentent ordinairement ; elles n'ont point acquis le dernier degré possible de petitesse ; elles ont leurs *Elémens* , & ces Elémens sont encore de nature différente dans plusieurs : tel est , par exemple , le soufre qu'on regardoit autrefois comme une de ces substances inaltérables , employées par la nature dans la composition des corps , & qu'une Physique plus éclairée trouve encore le moyen de décomposer , & même d'imiter.

*Mem. de  
l'Acad. 1704.  
p. 278.*

Mais quand nous avons épuisé tous nos efforts pour diviser une matière , que les procédés nous manquent , & que l'expérience refuse de nous éclairer ; que devons-nous penser de la divisibilité des corps ? & quelle doit être la règle de nos conjectures ? devons-nous croire que tout est fait ? que nous avons poussé la nature jusques dans ses derniers retranchemens , & que nous sommes arrivés à ces petits corps simples , avec lesquels on peut croire qu'elle a commencé l'ouvrage que nous avons entrepris de décomposer ?

Il y auroit de la présomption à le penser , & les difficultés même que

nous avons trouvées dans nos tentatives , doivent au moins nous faire soupçonner le contraire. Quand nous entreprenons de diviser un corps , l'exécution en devient de plus en plus difficile , à mesure que les parties divisées décroissent de grandeur : c'est que nous ne pouvons les séparer , qu'en faisant agir entre elles une matière étrangère qui les désunit , ou en les saisissant extérieurement pour les forcer à se séparer : plus elles deviennent minces, moins elles donnent de prise aux moyens qu'on employe; & leur désunion est d'autant plus difficile , qu'elles se ressemblent davantage , ou qu'elles approchent plus de la première simplicité , soit qu'elles se touchent alors par des surfaces plus analogues , soit qu'il se trouve peu de corps plus durs & plus petits qu'elles pour les entâmer. Il est donc tout naturel de croire que quand une matière ne se divise plus, c'est bien moins parce qu'elle n'a plus de parties à diviser , que parce qu'il n'y a plus rien assez subtil pour interrompre sa continuité.

La matière est-elle donc divisible à l'infini ?

## 10. LEÇONS DE PHYSIQUE

I.  
LEÇON.

Ce que nous avons dit jusqu'ici n'engage point à le conclure ; & c'est la question qui fait tant de bruit dans les Ecoles , paroît se réduire à peu de chose , quand on veut s'entendre. s'il s'agit d'une divisibilité purement idéale , il est évident qu'on peut répondre par l'affirmative ; puisqu'à tout se réduit à sçavoir si l'on conçoit toujours comme divisible un corps quel que divisé qu'il puisse être : c'est certain qu'on le conçoit ainsi ; on imagine encore deux moitiés dans la plus petite particule : les surfaces la renferment, quoiqu'infiniment rapprochées , ne se confondent jamais & l'on pourra toujours dire la même chose à chaque nouvelle division qu'on voudra feindre. Cette divisibilité imaginaire n'a donc point de bornes , de sorte que si l'art & la nature s'entendoient pour exécuter tout ce que nous pouvons penser , on pourroit trouver dans l'aîle de la plus petite mouche un nombre des particules qui égalerait enfin celui des grains de sable qui se rencontrent sur les bords de tout l'Océan : proposition qui peut paroître paradoxe qu'à ces

qui confondroient la comparaison de nombres ( qui est la seule dont il s'agit ici ) avec celle des grandeurs matérielles.

Mais la nature est-elle aussi féconde que notre imagination ? Ce que nous concevons comme possible , a-t'il lieu dans le réel ? Ces petites portions d'étendue qui se touchent sans se confondre , pour être réellement distinguées l'une de l'autre , sont-elles pour cela actuellement divisibles ? Ont-elles jamais existé , ou est-il même de leur nature de pouvoir exister séparément l'une de l'autre ! C'est sur quoi l'expérience n'a rien prononcé de certain ; & comme en matière de Physique les preuves tirées des faits sont les seules qui éclairent , on peut dire que cette question est indécidée.

Cependant plusieurs Philosophes en supposant des bornes à cette divisibilité physique , ont pris le parti de dire que les Elémens des Corps étoient absolument *insécables* , & que la nature même en les formant , s'étoit imposée comme une loi de ne les jamais séparer. Ils citent pour preuve une existence de six mille ans ; c'est pour

I.  
LEÇON

cela, disent-ils, que l'état naturel des choses a toujours subsisté le même depuis sa première origine ; un chêne est toujours un chêne ; un cheval est aujourd'hui ce qu'il étoit au commencement ; si les germes , ou ce qui constitue chaque nature en particulier , étoit quelque chose de divisible , la nature en général n'auroit-elle pas change de face , par les différentes mutations qu'auroient souffertes les espèces particulières ?

Quoique j'aye plus de penchant pour admettre les *Atomes* ou *Corpuscules* insécables , que pour supposer la matière physiquement divisible à l'infini ; je ne puis dissimuler cependant que l'argument que je viens de citer, tout précieux qu'il est, n'a point assez de force pour décider la question , & qu'on y peut répondre valablement. Car , quand bien même ces petits Etres , production immédiate de la création , ne seroient point insécables , comme on le suppose , l'Auteur de la nature n'auroit-il pas pourvû suffisamment à la durée de ses œuvres, en ne laissant dans le monde que des moyens impuissans pour en dé-

ranger l'œconomie? Que l'on prouve donc que l'indivisibilité absolue des parties primordiales est la seule voie qu'ait dû prendre la sagesse du Créateur , pour rendre chaque espèce inaltérable. Mais si cette admirable uniformité avec laquelle nous voyons que la nature se reproduit tous les jours , n'est point une preuve invincible de l'existence des Atomes; elle doit au moins faire penser que nous ne devons pas nous promettre si légèrement de changer , selon notre gré , une matière en une autre ; tous les moyens que l'art pourroit nous fournir pour de semblables opérations, ne feroient que de foibles imitations de la nature , des digestions , des fermentations , des calcinations , &c, & si la nature elle-même depuis son origine s'est conservée constamment , & sans aucun changement, malgré tous les mouvemens qui se sont opérés & qui s'opèrent tous les jours dans son propre sein ; devons-nous nous flâter de faire des miracles dans nos Laboratoires? La Chimie plus sçavante aujourd'hui qu'elle n'a jamais été , abandonne par cette raison même ,



I.  
LEÇON.

de plus en plus ces sortes de prétentions chimériques , pour s'attacher à des opérations d'une utilité plus réelle. Elle décompose , le plus qu'elle peut, les productions naturelles, pour en connoître les propriétés ; elle en fait des Extraits qu'elle tourne à nos usages ; & si elle cherche à imiter la nature , ce n'est plus en essayant de composer des matières qu'elle ne se flâte pas même de bien connoître.

De ce que nous venons de dire touchant la divisibilité des Corps , il résulte , 1<sup>o</sup>. qu'il n'y a point de bornes à cette division mentale, qui n'exige dans la matière qu'une distinction réelle de parties ; 2<sup>o</sup>. que la divisibilité physiquement possible ou non possible à l'infini , n'est qu'une affaire de système , où l'on trouve des probabilités pour & contre ; 3<sup>o</sup>. qu'on ne peut nier au moins une multiplicité de parties actuellement séparables, & si petites , que leur nombre & leur ténuité surpassent de beaucoup les idées communes.

La dernière de ces trois propositions est la seule qui soit susceptible de ce genre de preuves auquel nous

EXPERIMENTALE. 15  
nous bornons dans cet ouvrage. J'en appelle donc à l'expérience, & j'entreprends de faire connoître par des faits dignes de curiosité, ce que l'on doit penser de la prodigieuse divisibilité des Corps.

I.  
LEÇON.

## PREMIERE EXPERIENCE.

### PREPARATION.

QUE l'on établisse sur trois petits cloux, ou d'une manière équivalente, une pièce mince de monnoie, de cuivre, d'argent, ou d'or : & qu'on allume dessous & dessus de la fleur de Soufre, ainsi qu'il est représenté par la *Figure 1.*

### EFFETS.

PAR cette opération dont certaines gens abusent pour altérer la monnoie, la pièce se sépare en deux selon son plan ; & fort souvent l'une des deux parties plus mince & plus cassante, laisse encore l'autre assez bien marquée pour ne paroître pas sensiblement diminuée.

## 16 LEÇONS DE PHYSIQUE

### EXPLICATIONS.

#### I. LEÇON.

Un Corps est divisé , quand la liaison de ses parties est interrompue par une matière étrangère , & qui n'est pas propre à s'unir avec elle : c'est ainsi qu'une lame de couteau sépare un morceau de bois en deux. La partie la plus subtile du Soufre qui se développe en brûlant , & qui s'insinue de part & d'autre entre les parties du métal dilaté par le feu , forme dans l'intérieur de la pièce , & selon son plan , une couche de matière étrangère au métal , qui cause la division , & qu'on apperçoit , quand les parties sont séparées.

### APPLICATIONS.

La même cause qui défunit les surfaces liées , les empêche aussi de se joindre , quand bien même elles auroient pour cela toutes les dispositions nécessaires : c'est donc par cette raison , qu'on emploie les huiles & les graisses pour tenir séparées des matières dont on veut empêcher l'union ou le mélange ; quelque chose d'humide , pour prévenir l'adhérence de celles

telles qui sont grasses ; des poudres absorbantes, quand il régne sur les superficies une fluidité qui les feroit s'attacher. Ainsi, pour nous servir de quelques exemples familiers, nous ferons remarquer qu'on employe le beure à froid & par couches dans les pâtes qui doivent être feüilletées ; que l'on enduit de quelque matière liquide l'intérieur des moules où l'on doit couler la cire, le soufre, &c. & que l'on pose sur du sable sec les vaisseaux nouvellement formés dans les manufactures de porcelaines ou de fayance. C'est aussi pour cette raison, que dans les Arts on a grand soin de bien nêtoyer les surfaces qu'on veut assembler à demeure.

L'usage des colles & des soudures n'est point un argument qui démente cette proposition ; quoique ce soit interposer une matière étrangère entre les parties qu'on veut joindre.

Ce qui fait principalement qu'une couche d'eau interposée, par exemple, entre deux morceaux de cire entretient ordinairement leur désunion, c'est que l'eau n'étant point propre à pénétrer les Corps gras, & ne s'y ap-

---

1.  
LEÇON.

pliquant même qu'imparfaitement son interposition ne peut point leur servir de lien commun. Mais il n'en est pas de même d'une colle qui peut pénétrer tant soit peu les pièces qu'elle doit attacher ensemble; c'est un Corps fluide, quand on l'employe, & qui par cette raison se moule de part & d'autre dans les creux insensibles des surfaces; mais bien-tôt il devient solide, parce que son humide l'abandonne, & qu'il pénètre plus avant; alors ces petits liens multipliés presque autant de fois qu'il y a de petits vuides entre les parties solides des surfaces, font une adhérence très-considérable. C'est par le même principe, quoiqu'un peu différemment, que les soudures servent à lier les métaux; un mélange de plomb & d'étain, par exemple, mis en fusion par l'attouchement d'un fer chaud, pénètre les premières surfaces du métal dilaté par la même chaleur; un prompt refroidissement donne lieu à ses parties de se rapprocher; la soudure qui perd en même tems sa fluidité, se trouve adhérente de part & d'autre, sert de lien commun aux pièces, & les joint.

## II. EXPÉRIENCE.

I.  
LEÇON.

## PRÉPARATION.

Dans un verre à boire on met des petites feuilles de cuivre ; dans un autre verre semblable on met un peu de limaille de fer ou d'acier ; on verse dans l'un & dans l'autre une demi-once d'eau-forte. Voyez les *Figures 2. & 3.*

## EFFETS.

Dans le premier vaisseau il se fait un petit bouillonnement ; le métal paroît agité ; son volume diminué en apparence ; la liqueur s'échauffe ; elle prend une couleur verte ; les feuilles disparoissent enfin ; & l'on apperçoit une vapeur qui s'élève au-dessus du verre. Dans l'autre vase on remarque des effets à peu près semblables , mais plus prompts , plus violens ; & la couleur approche du rouge.

## EXPLICATIONS.

Les parties de l'eau-forte qu'on  
B ij

---

 I.  
LEÇON.

peut considérer comme autant de petits tranchans , ou de petites pointes fort aiguës , sont portées entre les parties du cuivre & du fer , par une force dont la connoissance partage encore les Physiciens , & sur laquelle l'expérience n'a point encore prononcé d'une manière décisive ; chaque petite masse pénétrée de toutes parts , disparoît peu à peu par la division de ses parties qui naissent indépendamment l'une de l'autre dans la liqueur qui les a défunies , & qui , par leur mélange , paroît sous une couleur qu'elle n'avoit pas avant l'opération. La chaleur qui naît pendant la dissolution est une suite naturelle du mouvement des parties & de l'action d'une matière sur l'autre : comme aussi la vapeur qui s'élève sensiblement , est un effet de la chaleur augmentée.

La même chose s'opère dans l'autre verre avec plus de promptitude , & avec plus de violence , la principale raison de cette différence , c'est que l'eau-forte dont on se sert dans ces deux opérations pour diviser les masses , a plus lieu d'exercer son ac-

tion sur le fer réduit en limailles , que  
 sur le cuivre qu'on a laissé en feuilles ;  
 elle agit d'autant plus qu'elle est ap-  
 pliquée en même-tems à plus de sur-  
 face ; or les quantités des matières  
 étant égales , celle-là présente plus  
 de superficie , qui est plus divisée. Sup-  
 posons , par exemple , une once de  
 fer rassemblée en une petite masse  
 sphérique ; si l'on coupe ce petit  
 globe par son diamètre , on augmen-  
 tera sa surface ; car il n'aura pas moins  
 qu'auparavant celle de ses deux hé-  
 misphères ; mais il aura de plus celle  
 qu'on aura fait naître par sa coupe  
 diamétrale : & si l'on multiplie les  
 coupes , il est aisé de voir qu'on aug-  
 mentera de plus en plus sa super-  
 ficie.

I.  
LEÇON.

Une raison qu'on peut ajouter ;  
 c'est que le cuivre à volume égal ,  
 est plus pesant que le fer ; il y a donc  
 plus de vuide dans le dernier de ces  
 deux métaux , & par conséquent plus  
 d'accès à l'eau-forte : toutes choses  
 étant égales d'ailleurs.

Quand aux couleurs que prend la  
 liqueur par ces dissolutions , ce n'est  
 point ici le lieu d'en parler ; nous



I.  
LEÇON. expliquerons ces sortes d'effets en traitant de la lumière.

## APPLICATIONS.

L'eau commune fait à l'égard d'un grand nombre de corps, ce que l'eau-forte opère sur les métaux ; elle divise les terres , les sels, les sucres des plantes , &c. elle se charge de leurs parties divisées , & elle les tient séparées, tant qu'elle est en quantité suffisante pour empêcher qu'elles ne se rejoignent. Les rivières ne paroissent troubles après les pluies ou après les fontes des neiges , parce qu'elles reçoivent alors dans leurs lits des eaux qui sont chargées de sable & de terre. Les sources minérales prennent leurs différentes qualités de matières qu'elles contiennent en particules si subtiles , que leur transparence n'en est point altérée ; & la mer est salée , selon l'opinion commune & la plus vraisemblable, parce qu'elle dissout des mines de sels qui se rencontrent dans son lit , comme il s'en trouve dans les autres parties de la terre.

Ces sortes de dissolutions ne dé-

composent point les corps : elles ne font rien autre chose que diviser leurs masses , & rendre indépendantes les unes des autres leurs molécules ainsi désunies. L'art nous fournit même des moyens très-faciles pour les remettre dans leur premier état ; il suffit le plus souvent d'évaporer la liqueur qui les tient en dissolution : & c'est la voie la plus simple , quand leurs parties sont moins évaporables que celles du dissolvant. Cette pratique est en usage pour séparer le sel de l'eau dans les Salines, pour tirer le salpêtre des lessives qui le contiennent , pour raffiner les sucres , pour augmenter la force des bouillons qu'on nomme consommés , & généralement pour épaissir toutes les matières , où la partie liquide est trop abondante.

On peut encore rassembler ce qui est dissout en le précipitant ; ce qui ne manque pas d'arriver toutes les fois qu'on présente au dissolvant une matière plus pénétrable pour lui, que celle dont il est chargé ; car alors en entrant dans la nouvelle masse, il dépose les autres parties que leur pro-

pre poids rassemble au fond du vase : c'est ce qu'on voit arriver, par exemple, quand on verse de l'esprit de vin sur de l'eau qu'on avoit rassasiée de sucre ; parce que l'un de ces deux liquides pénètre l'autre, & abandonne les parties de sucre dont il étoit chargé.

Quand on précipite ainsi les métaux ; on le peut faire d'une façon curieuse, & qui n'est que trop capable d'en imposer à ceux qui ne sont point instruits de ces sortes de faits. Si, par exemple ; on trempe une lame de fer dans une dissolution de cuivre ou de vitriol bleu avec l'eau-forte ; le dissolvant agira par préférence sur le fer, & déposera des parties de cuivre en la place de celles qu'il détachera de la masse de fer, de sorte qu'à la fin de l'opération on pourra tirer du vaisseau une lame de véritable cuivre : mais c'est abuser de cette expérience, que de la proposer comme un procédé pour convertir le fer en cuivre ; puisqu'on ne retire jamais de ce dernier métal, que ce qu'on en avoit fait entrer dans la première dissolution.

Les

Les infusions à proprement parler, ne sont encore que des dissolutions ordinairement plus lentes, avec cette différence qu'au lieu de faire disparaître toute la masse, elles en détachent seulement une certaine portion.

I.  
LEÇON.

Les corps qu'on fait infuser sont pour l'ordinaire composés de parties de différentes natures : la liqueur qui les pénètre, se charge de celles qui cèdent à son action ; & les autres qui s'y refusent, demeurent liées sous un volume qui diffère peu de celui qu'elles avoient. Le bois d'Inde, celui de Brésil, &c. trempés dans l'eau commune, lui abandonnent un certain suc que la nature a placé entre les fibres de ces sortes de bois ; cet extrait qui fait une teinture, ne laisse point appercevoir de diminution sensible quant au volume, dans les morceaux qui en sont dépouillés.

Les infusions deviennent bien plus promptes & plus chargées avec l'eau chaude : la chaleur augmente la liquidité de l'eau, & la rend plus pénétrante ; elle dilate les solides qu'on y plonge, & les rend plus pénétrables ; ces deux raisons concourent au mê-

I.  
LEÇON.

me effet. Les racines & les fruits qu'on fait cuire pour servir d'alimens, ne se dépouilleroient point dans l'eau froide des fucs acres & des autres parties désagréables, qu'on leur ôte en les faisant bouillir.

Quoique les dissolutions & les infusions qui ne font que diviser ou extraire, ne changent rien à la nature des parties qu'elles séparent, & qu'elles détachent; cependant elles les rendent propres à des effets, pour lesquels on les appliqueroit en vain sans l'une ou l'autre de ces préparations. Quels secours pourroit-on attendre de la plûpart des minéraux ou des végétaux qu'on emploie dans la Médecine, si une division beaucoup plus grande qu'on ne peut la faire avec aucun tranchant ordinaire, ne procuroit à ces mêmes corps une quantité de surface suffisante, des grandeurs & des figures convenables aux parties intérieures du corps animé sur lequel ils doivent agir? Cette agréable variété de couleurs qu'on admire dans les étoffes & dans toutes les matieres susceptibles de teinture, ne vient-elle pas des infu-

sions en plus grande partie? Des suc  
qui se sont épaissis dans les plantes  
mêmes, où la nature les a préparés,  
& qui y resteroient en pure perte pour  
nous, se ramolissent & s'étendent  
dans l'eau qui les pénètre; ils s'im-  
priment avec elle sur une surface pré-  
parée; l'eau s'évapore, & l'impres-  
sion reste.

### III. EXPERIENCE.

#### PREPARATION.

LA quatrième figure représente une  
petite cassiolette de verre en partie  
pleine d'une liqueur odorante, comme  
de l'eau de fleurs d'orange, ou de l'es-  
prit de vin chargé de lavande, & po-  
sée sur une petite lampe allumée.

#### EFFETS.

QUAND la liqueur commence à  
bouillir, il sort par le bec de la cas-  
siolette une vapeur fort abondante qui  
se répand dans toute la chambre, &  
qui s'y fait sentir d'une extrémité à  
l'autre, sans cependant qu'il paroisse  
une diminution sensible dans le volu-  
me de la liqueur, lorsque l'expérien-  
ce cesse après deux ou trois minutes.

LA vapeur qui porte son odeur dans toute la chambre , n'est rien autre chose que la partie la plus évaporable de la liqueur , que le feu a séparée de la masse, & qu'il a extrêmement divisée : ces petits corps , nonobstant le peu de diminution qu'ils causent au volume qu'ils ont quitté, se trouvent en assez grand nombre pour se répandre également , & se faire sentir dans un très-grand espace.

Si l'on veut connoître de plus près ce nombre prodigieux de particules odorantes , & se représenter d'une manière plus précise la division surprenante qu'a dû souffrir la petite quantité de liqueur évaporée ; il suffit de la comparer au volume d'air contenu dans une chambre qui peut avoir 12 pieds en quarré sur 10 de hauteur. Quand ce peu de liqueur dont il s'agit , égaleroit deux lignes cubiques avant l'expérience , & qu'après l'évaporation , il ne se trouvât que 4 particules dans chaque ligne cubique d'air ; ( supposition qu'on peut faire en mettant les choses au

pis ; ) que de millions de parties n'appercevra-t'on pas par cette comparaison , & par ce calcul qu'on peut faire facilement ? Mais ces millions de parties , de combien ne seront-ils pas encore augmentés , si l'on fait attention que ce qui fait ici l'odeur sensiblement répandue , n'est que la moindre partie de ce qui s'est évaporé ? Car dans une liqueur ou dans une vapeur odorante on doit distinguer les parties propres du liquide de celles dont il est parfumé.

## APPLICATIONS.

LES odeurs considérées par rapport à nos sens , sont des impressions faites sur l'organe par les Corpuscules qui s'exhalent des Corps odorans. Ce qui se passe en petit dans l'expérience qu'on vient de citer , nous l'éprouvons tous les jours en grand par divers effets naturels. Il régné sur notre globe un certain degré de chaleur qui varie selon les tems & les lieux ; ce feu que la nature entretient , & qui met tout en mouvement , joint à d'autres causes dont nous parlerons ailleurs , détache continuelle-



---

 I.  
LEÇON.

ment les parties les plus subtiles de tous les Corps qui couvrent la surface de la terre : celles qui sont propres à se faire sentir par l'odorat, répandues & flottantes comme les autres dans la partie de l'Atmosphère qui en est chargée; se font d'autant plus sentir ; qu'elles se trouvent en plus grand nombre dans un volume d'air déterminé. C'est par cette raison sans doute , que l'on sent mieux les fleurs d'un jardin le soir , lorsque l'air se rafraîchit , que dans le fort de la chaleur du jour. Cette fraîcheur qui condense l'air aux approches de la nuit , en rapprochant ses parties , resserre aussi davantage les exhalaisons dont il est chargé , & quand on le respire en cet état , il porte avec lui sur l'organe un plus grand nombre de ces parties odorantes dont nous parlons.

Si la chaleur entretient toujours une quantité plus ou moins grande de mouvement dans tous les Corps , & qu'elle occasionne par-là , comme on n'en peut douter , une perte continue de leur substance ; doit-on s'étonner que tout périsse avec le tems , & que certains Corps diminuent &

s'évanouissent promptement ? C'est ainsi que les étangs & les marais se dessèchent , quand les pluies ou les sources ne réparent point l'évaporation.

I.  
LEÇON.

Mais pour nous renfermer dans des exemples pris des Corps odorans , ne le remarquons nous pas d'une manière bien sensible dans les plantes & dans les fleurs ? Pourquoi pendant la grande chaleur s'affoiblissent - elles jusqu'à plier sous leur propre poids ? Pourquoi le matin reparoissent - elles avec leur première vigueur ? N'est-ce pas que ce qui s'exhale pendant le jour excède la réparation qui vient du sein de la terre ? Pendant la nuit il n'en est pas de même , les vuides se remplissent.

Quoique les plantes par leurs exhalaisons perdent une si grande quantité de leur substance , on ne peut pas dire pour cela , que la partie destinée aux odeurs ait beaucoup de part à leur dépérissement sensible. Il paroît par tous les autres corps de ce genre, que la nature les a soumis à une divisibilité si prodigieuse , qu'ils peuvent fournir à leur effet pendant des espaces de tems qui surprennent.

I.  
LEÇON.

Tout le monde sçait qu'un grain de musc se fait sentir d'une manière incommode pendant vingt ans , dans un appartement où l'air se renouvelle tous les jours. Ne sçait-on pas de même que des chiens courent un cerf pendant six heures quelquefois, sans avoir le plus souvent d'autre guide que l'odeur qu'il laisse après lui ? Combien donc de corpuscules cet animal laisseroit-il échapper, pour tracer si long-tems sa route à quarante autres animaux, à la vûe desquels il se dérobe souvent ?

La plupart des bêtes , & sur-tout les chiens , ont l'odorat très-fin : la disposition de cet organe dont la partie principale est en dehors , & le fréquent usage qu'ils en font , contribuent sans doute à cette délicatesse que nous n'avons pas : la nature nous en a dédommagés par le toucher, que nous avons beaucoup plus exquis ; c'est aussi de tous nos sens celui dont nous nous servons le plus , après les yeux , dans l'examen que nous faisons des différens objets qui se présentent : mais les animaux qui ne touchent que très-rarement par forme d'épreuve , examinent avec le nez ce que leur

vûë leur annonce d'intéressant ; comme ils sont presque uniquement occupés du soin de leur nourriture , & qu'il y a beaucoup d'affinité entre l'odorat & le goût, il convenoit qu'ils fussent mieux flairer que tâter.

#### IV. EXPERIENCE.

##### PREPARATION.

Au fond d'un grand vase de crystal , on délaye le poids d'un grain de Carmin , & l'on remplit d'eau bien nette le vase , qui tient dix pintes de Paris , & qui est représentée par la Figure cinquième.

##### EFFETS.

LA couleur s'étend de manière que tout le volume d'eau en paroît sensiblement teint.

##### EXPLICATION.

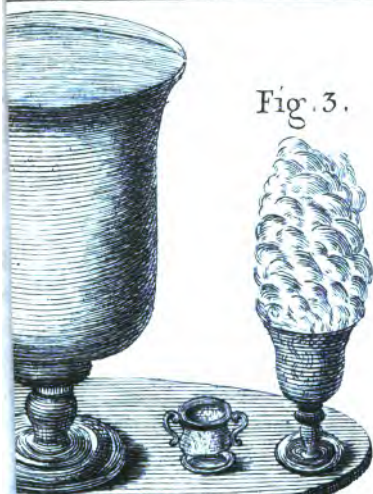
LE Carmin est une fécule, ou une espèce de lie très-fine , que l'on tire par infusion de la cochenille , & de quelques matières végétales ; les parties qui ont déjà été divisées par la préparation qu'on en a faite , cèdent fort aisément à l'action de l'eau qui les pé-

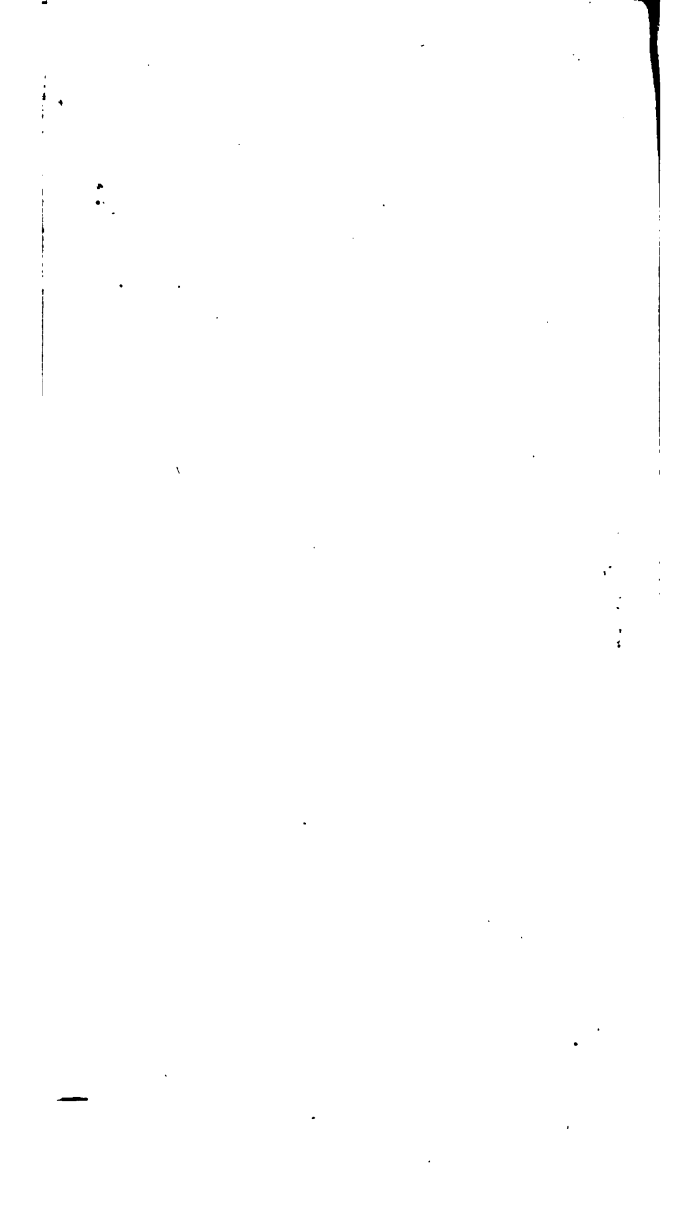
nêtre & qui les étend ; de manière qu'elles se partagent proportionnellement à toute la masse du fluide.

Pour concevoir aisément combien la matière est divisée dans cette dernière expérience , il suffit de connoître le rapport du poids d'un grain à celui de dix livres , qui est comme l'unité à quatre-vingt-douze mille cent soixante. Mais une quantité d'eau pesant un grain, se présente encore sous un volume bien sensible , qui , pour être coloré uniformément, doit contenir plusieurs particules de Carmin: quand on n'y en supposeroit que dix , le produit que nous venons de citer , se trouveroit augmenté encore de dix fois sa valeur ; ce qui fera neuf cens vingt & un mille six cens parties sensibles dans un volume qui étoit bien peu considérable avant que d'être étendu dans l'eau.

#### APPLICATIONS.

C'EST par des particules de matières ainsi divisées & étendues dans quelques liquides , que les Peintres & les Teinturiers donnent aux surfaces des corps , certaines couleurs





qu'elles n'ont pas naturellement. Celles qui sont peintes , toujours cachées sous l'enduit dont on les couvre , ne sont plus visibles par elles-mêmes , mais par les couches dont le pinceau les a revêtues. Il n'en est pas de même de celles que l'on fait teindre ; on les prépare pour l'ordinaire dans un bain qui , par la chaleur , & par l'action de certains sels , dilate les pores , & creuse une infinité de petites cellules propres à recevoir ensuite les parties colorantes ; c'est principalement cette préparation qui rend les teintures durables , & qui empêche que les matières teintes ne se décolorent , quand on les lave. Ce n'est pourtant pas toujours des particules colorantes qui teignent les surfaces ; nous ferons voir en traitant de la lumière , que le changement de couleur dépend souvent d'un nouvel arrangement que prennent entre elles les parties mêmes des surfaces , comme quand l'eau forte , par exemple , change le papier bleu en rouge , ou que la chaleur rougit une écrivaine.

OUTRE les expériences que nous ve-



I.  
LEÇON.

nous de citer pour prouver la divisibilité des corps ; les arts nous offrent des pratiques ingénieuses qui la font connoître d'une manière aussi évidente. On ne peut voir, sans être surpris, la prodigieuse ductilité de l'or & de l'argent. Les Ouvriers qui battent & qui filent ces métaux, leur procurent un degré d'étendue qui s'est attiré depuis long-tems l'attention des Philosophes. Boyle \* est un des premiers qui ait fait cette remarque, que le poids d'un grain d'or mis en feuilles peut couvrir une surface de 50 pouces quarrés. Cette observation donne lieu d'appercevoir, par un calcul fort simple, un nombre étonnant de parties visibles dans cette petite quantité de métal. La longueur d'un pouce contient au moins deux cens parties visibles ; puisque sur des instrumens de Mathématiques on le trouve quelquefois partagé par cent divisions, & qu'un Observateur un peu attentif peut fort aisément tenir compte des moitiés. En faisant donc cette supposition qui est très-recevable, une feuille d'or d'un pouce quarré, pourra se couper en deux

\* De mirâ  
subtilitate of-  
fuviorum. c.  
2.

cens petites bandes plates , & chaque petite bande en deux cens petits quarrés ; de sorte que toute la feuille ainsi divisée , donnera quarante mille parties , qui est le produit de 200 multiplié par 200.

---

---

I.  
LEÇON.

Mais dans un grain d'or battu , on trouve 50 petites feuilles semblables à celles que nous venons de diviser ; on doit donc multiplier encore 40000 par 50 , ce qui donnera deux millions pour la somme des parties que l'on peut compter avec les yeux dans une portioncule de matière qui n'est que la 72<sup>e</sup>. partie d'un gros. Ce nombre, quelque prodigieux qu'il soit , se trouve encore augmenté de moitié , quand on fait attention que chacune de ces particules d'or peut être vüe & touchée au moins par deux surfaces , ou par les deux plans opposés dont les dimensions sont égales.

Ce que les feuilles d'or & d'argent nous apprennent de la ductilité de ces deux métaux , & de la divisibilité surprenante de leurs parties , est encore bien au-dessous de ce que l'on remarque chez les ouvriers qui

---

 I.  
LEÇON.

préparent le fil d'argent doré dont on se sert pour fabriquer les étoffes , le galon , la broderie , &c. Cet art où le commun des hommes ne trouve qu'un objet de commerce , ou des ressources pour le luxe , présente aux yeux d'un Philosophe , des merveilles qui n'ont point échappé aux observations de Boyle , du Pere Merfene , de Rohault , & de plusieurs autres Physiciens , dans ces tems où il n'étoit point encore arrivé au degré de perfection qu'il a acquis depuis. M. de Reaumur \* qui l'a examiné avec cette exactitude qu'on lui connoît , en a mieux que personne découvert les beautés , & fait connoître le véritable merveilleux. C'est d'après lui que je vais donner ici une idée de la prodigieuse extension dont l'or est capable , quand on le file.

\* *Mem. de l'Acad. des Sc.*  
1713. p. 205.  
&c.

Avec une quantité de feuilles d'or , qui n'excède jamais le poids de six onces , & qu'on diminue quelquefois presque jusqu'à une , on couvre un cylindre d'argent , d'environ 22 pouces de longueur , 15 lignes de diamètre , & du poids de 45 marcs. On fait passer ce rouleau doré successive-

ment par les trous d'une lame d'acier, qui vont en décroissant; de façon que s'allongeant aux dépens de son diamètre, il devient enfin aussi délié qu'un cheveu, & d'une longueur qui égale presque 97 lieuës de 2000 toises chacune.

I.  
LEÇON.

Pendant cette opération l'or s'étend sur le fil d'argent à proportion de son allongement; en sorte qu'on doit le considérer comme une enveloppe ou un fourreau dont les parties ne souffrent point d'interruption sensible. Ce fil doré que l'on nomme trait, passe ensuite entre deux rouleaux d'acier poli, qui l'écrasent en forme de lame fort mince, dont on enveloppe un fil de soye pour les usages des différens Arts qui l'emploient; & dans l'opération des rouleaux, le trait s'allonge encore d'un 7<sup>e</sup>. Ainsi au lieu de 97 lieuës que nous avons compté pour sa longueur, on en peut compter 111.

En supposant donc du fil le plus légèrement doré, voilà une once d'or que l'on doit considérer sous la forme de deux petites lames, dont chacune égale la longueur de 111.

lieuës, ou qui égalent ensemble 222 lieuës. Mais si l'on fait attention que le trait en s'écrasant sous les rouleaux, prend la largeur d'environ un 8<sup>e</sup>. de ligne, & parconséquent les deux petites lames d'or qui revêtent l'argent de part & d'autre ; on pourra partager encore leur largeur en deux parties ; ( car une ligne se divise fort bien en 16 portions sensibles ; ) ainsi au lieu de deux lames il en faudra compter quatre, qui égaleront en longueur 444 lieuës. Dans une telle étendue, combien de toises, de pieds, de pouces, de lignes ? Et si l'on divise seulement chaque ligne en 10, quelle suite de chiffres ne faudroit-il pas pour exprimer la somme des parties visibles dans une once d'or étendu par la filière ? L'imagination se refuse presque à de pareils nombres ; mais pour s'en faire une idée, il suffira de comparer la surface de notre once d'or filé à celle d'une égale quantité du même métal en feuilles. La première est à la seconde dans le rapport de 2380 à 146 ; mais aussi l'épaisseur des feuilles, quelque petite qu'elle soit, est toujours beaucoup plus

plus considérable que celle de la couche d'or qui se trouve sur le fil : l'une diminuë à peine jusqu'à la trente milliëme partie d'une ligne; l'autre se porte souvent à un degré de ténuité qui excède la cinq cens vingt-cinq milliëme partie d'une ligne.

I.  
LEÇON.

L'art en filant ainsi les métaux , imite d'assez près la nature , quant au procédé. La soye avant que d'être filée pour nos usages , l'a déjà été par les insectes qui nous la fournissent. La chenille , qu'on nomme communément *ver à soye* , porte une filière naturelle , par laquelle elle moule ce fil précieux dont elle fait sa coque. Des personnes \* curieuses & attentives aux merveilles de la nature, considérant l'extrême finesse de cette matière , en mesurèrent 300 aunes qui n'excédèrent point le poids de 2 grains & demi ; M. de Reaumur portant plus loin encore ses Observations, a trouvé que les fils des araignées , telles qu'elles les produisent immédiatement , & avant qu'elles les joignent pour en former leur toile , que ces fils , dis-je , sont à l'égard d'un cheveu , moins gros que ne l'est le fil

\* Boyle de  
mirâ subrili-  
tate effluv.  
cap 2.

trait doré à l'égard du premier cylindre dont il a été tiré ; & que leur diamètre égale à peine l'épaisseur de cette légère couche d'or qui couvre le fil d'argent.

Les expériences & les observations que nous venons de rapporter prouvent suffisamment que tous les corps qui tombent sous nos sens , ne sont autre chose que des assemblages formés par le concours de plusieurs masses plus petites , dont chacune peut se diviser encore en particules susceptibles elles-mêmes de division & de subdivision.

Lorsqu'en divisant une matière autant qu'il nous est possible , nous n'apercevons rien que d'uniforme dans toutes les molécules qui la composent , nous lui donnons le nom de *simple* ; nous supposons que ses parties sont toutes d'une même nature ; & nous les appelons *homogènes* , sans prétendre qu'elles le soient absolument , & jusqu'à ce que quelque découverte nouvelle en fasse un jour juger autrement.

Nous nommons au contraire *corps*

*mixtes*, ceux dont les parties mises à part ne se ressemblent point, comme les plantes, les animaux & quantité de minéraux, où l'analyse fait voir que plusieurs matières essentiellement différentes ( que l'on nomme *hétérogenes* ) concourent à la composition d'un même tout.

---

---

I.  
LEÇON.

Les molécules insensibles qui forment une masse continuë, sont souvent jointes ensemble de manière qu'il faut employer une force considérable pour les séparer : cette portion de matière se nomme un corps *dur* ou *solide*. Cette dureté, qui n'est, à proprement parler, qu'une ténacité plus ou moins grande des parties, & qui n'est jamais parfaite dans les corps que nous connoissons, puisqu'elle cède toujours à une force finie; cette dureté, dis-je, décroît jusqu'à la *fluidité*, c'est-à-dire, jusqu'à ce que l'adhérence naturelle des parties suffise à peine pour empêcher qu'elles n'obéissent librement à leur propre poids, quand il les sollicite à se mouvoir les unes sur les autres, & à changer la figure de leur tout. Enfin la fluidité qui commence où



#### 44 LEÇONS DE PHYSIQUE

I.  
LEÇON.

les corps cessent d'être regardés comme solides, augmente jusqu'à la *liquidité* qui a elle-même des degrés : on appelle corps liquides ou liqueurs, ceux qui sont en cet état, où leurs parties ayant un mouvement libre les unes sur les autres, obéissent avec une indépendance mutuelle aux efforts de leur pesanteur, ou à la moindre force qu'on emploie pour les séparer ; & leurs caractères les plus distinctifs sont de n'avoir d'autre figure, que celle qu'on leur fait prendre dans les vaisseaux qui les contiennent, & de ranger leur plus haute surface dans un plan parallèle à l'horison. L'eau qui coule, par exemple, est une liqueur ; la fumée qui s'élève dans l'air, & qui change continuellement de forme, est un fluide ; & la pierre que l'on taille à coups de marteaux, est un corps solide.

Nous nous contentons maintenant de définir ces différens états des corps naturels, parce que nous aurons occasion d'en parler plus amplement ailleurs en examinant leurs causes.

## II. SECTION.

*De la figure des Corps.*

**T**ous les Corps ont une grandeur déterminée, non-seulement ceux dont les dimensions frappent nos sens, mais aussi les parties de ces mêmes Corps, à tel degré de ténuité qu'on les porte par la division, & sous tel ordre qu'on les considère. La petitesse n'est point une qualité absolue; rien n'est petit que par comparaison à quelque chose de plus grand, & quand on supposeroit le moindre de tous les Etres matériels, il surpassera toujours en grandeur chacune des deux moitiés.

La grandeur, ou (ce qui est la même chose) l'étendue plus ou moins grande d'un Corps, est toujours limitée par des surfaces qui renferment la quantité de matière qui lui est propre; cette quantité de matière se nomme sa *Masse*, & le plus ou le moins de surface non interrompue qui limite sa grandeur apparente, s'appelle son *Volume*.

I.  
LEÇON.

L'ordre ou l'arrangement que prennent entre-elles les surfaces qui terminent le volume des Corps , est ce qu'on nomme leur *Figure*. Comme ces surfaces ne peuvent se confondre , & qu'elles se distinguent toujours par des situations relatives , il est évident que d'être figuré , est une propriété aussi commune à tous les Corps , que celle d'être solidement étendu , ou d'avoir plusieurs parties réellement distinguées.

Mais ces surfaces peuvent varier à l'infini par leur grandeur , leur nombre , leur arrangement respectif ; c'est pourquoi toutes les substances matérielles à qui il convient essentiellement d'avoir une figure en général , reçoivent celle-ci ou celle-là en particulier , & elles sont aussi variables & peut-être aussi variées entre elles , qu'il est possible de combiner ensemble la grandeur , le nombre & l'ordre des superficies.

Cette propriété qu'on pourroit nommer *Figurabilité* , s'étend à tous les Corps d'une manière si générale qu'elle les accompagne dans toutes sortes d'états ; elle convient à ceux qui se

meuvent comme à ceux qui sont en ~~repos~~ ; elle convient non-seulement aux solides , mais les fluides & les liqueurs ont aussi leur figure qui dépend des obstacles qu'on oppose à leur épanchement ; la mer, les étangs, les rivières sont figurés par leurs côtes & par leurs rivages ; le vin , par son tonneau ; la flamme & la fumée , par l'air qui les environne , &c.

I.  
LEÇON.

Quant au premier coup d'œil deux Corps paroissent terminés de même ; on dit alors qu'ils se ressemblent en figure : ainsi nous appellons cubes les dez d'un trictrac , parce qu'au premier aspect chacun d'eux se présente sous six faces égales ; & nous appelons semblables deux soldats vêtus du même uniforme. Mais cette première ressemblance a des bornes fort étroites ; elle ne s'étend qu'à certains caractères généraux qui soutiennent à peine la première vûe ; un examen plus détaillé découvre bientôt une infinité de différences , jusques dans les individus de la dernière espèce ; de sorte qu'on pourroit dire avec juste raison , que dans toute la nature il est probable qu'il n'y a pas deux Etres

I.  
LEÇON.

parfaitement semblables , sur-tout si l'on joint à la variété de figure celle de la couleur & du volume. Lorsque nous jettons les yeux sur un troupeau de moutons , ils nous paroissent tous se ressembler , parce que nous nous arrêtons aux premières apparences ; mais le berger à qui l'habitude a fait appercevoir des variétés , les distingue bien les uns des autres. Dans une foule de peuple nous ne trouvons pas deux visages semblables , & nous y distinguons entre dix mille les traits d'une personne que nous cherchons , par l'usage où nous sommes de voir des hommes , & d'apprendre à ne les point confondre.

Cette prodigieuse variété de figures multipliées sans fin pour ceux qui observent plus attentivement, ne convient-elle qu'aux grands Corps , c'est-à-dire , à ceux que nous pouvons voir & toucher sans aucun secours de l'art ? ou bien convient-elle également aux molécules de ces mêmes Corps ? s'étend-elle jusques à ceux qui échappent à nos yeux , que nous connoissons par d'autres sens , qui ne se font sentir que plusieurs ensemble ,  
&

& que le préjugé semble annoncer ~~\_\_\_\_\_~~  
sans aucune figure, parce qu'ordi-  
nairement on n'est point instruit de  
celle qu'ils ont ?

I.  
LEÇON.

Cette question se trouve déjà décidée par la définition même que nous avons donnée de la figure en général. Car si ce n'est autre chose qu'un assemblage de surfaces qui terminent une certaine portion de matière, il est évident qu'un corps si petit qu'il puisse être, sera toujours terminé par des surfaces, & par conséquent figuré.

Quoique l'expérience ne puisse pas se prêter à toute l'étendue de ce raisonnement, & nous faire voir des figures par-tout où nous avons raison de croire qu'il y en a : cependant elle nous en montrera qui ont été longtemps ignorées, que l'art a sçu découvrir depuis, & nous apprendrons par des exemples curieux, que nous ne devons pas chercher à concevoir sans figure, les Corps en qui nos sens n'en découvrent point.



## PREMIERE EXPERIENCE.

## PREPARATION.

Ayant placé le microscope représenté par la *Figure 6.* au jour d'une fenêtre, ou si c'est la nuit, devant la lumière d'une bougie basse, de manière que le miroir qui est dessous la platine, éclaire par réflexion le trou sur lequel tombe la lentille objective; on fait passer le premier verre du porte-objets sur lequel on a mis des grains de sable, & l'on fait descendre le corps du microscope jusqu'à ce qu'on rencontre le point de vue nécessaire.

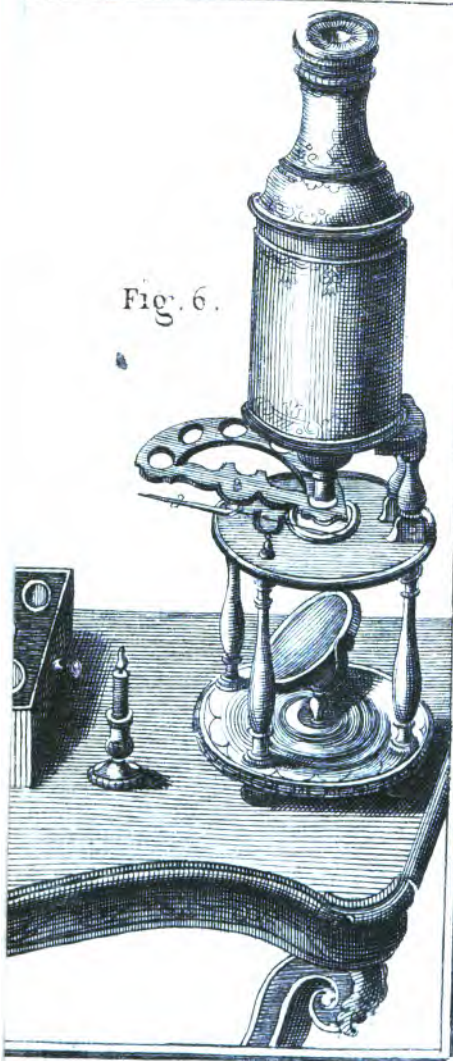
## EFFETS.

Ayant placé l'œil au-dessus & fort près de la première lentille oculaire, on apperçoit les grains de sable transparents; comme des cristaux de la grosseur d'une muscade, anguleux & diversement taillés. *Figure. 7.*

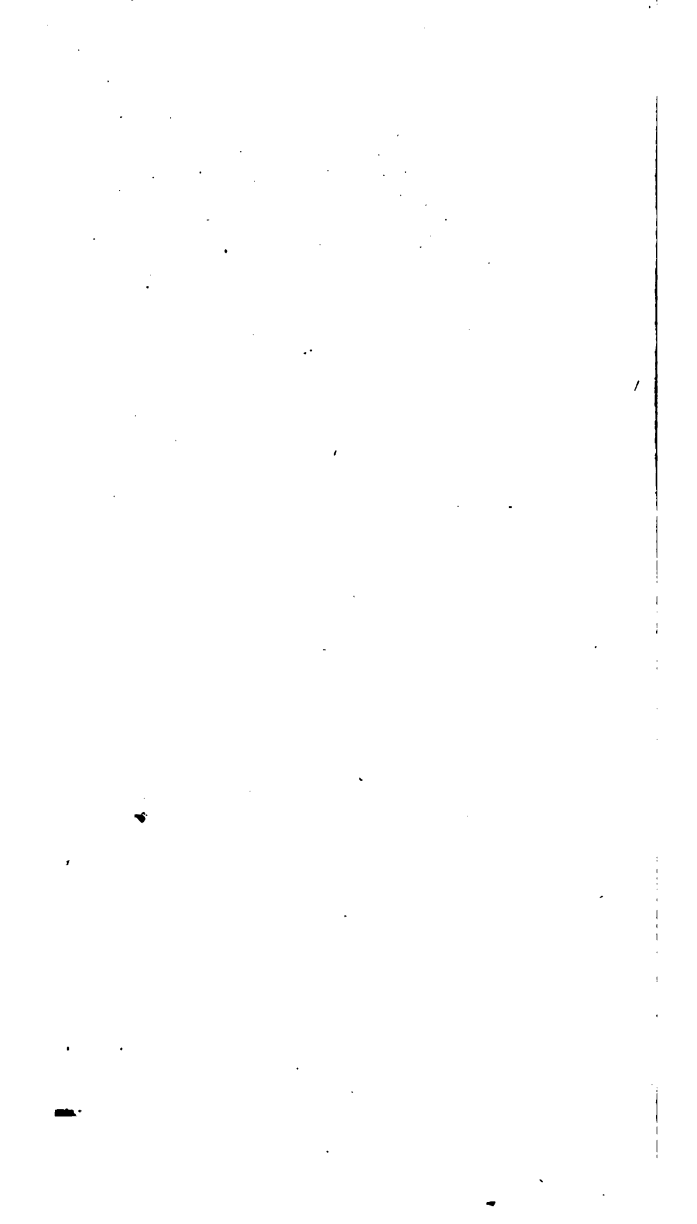
## EXPLICATIONS.

\* Nous n'expliquerons rien ici des effets qui regardent directement l'optique; parce que nous en traiterons

Fig. 6.







ailleurs. Nous nous bornerons seulement à ceux qui ont rapport à la figure des Corps , dont il est présentement question.

Lorsque nous arrêtons la vûë sur un grain de sable ordinaire , il paroît comme un point; l'œil confond ses dimensions; mais avec le secours du microscope , l'objet paroît plus grand; on distingue aisément des lignes , des angles , des sinuosités , des contours , des surfaces , en un mot , une figure bien terminée , dont on apperçoit facilement les différences , quand on la compare à quelqu'autre.

#### APPLICATIONS.

Les grains de sable doivent être considérés comme autant de petits cristaux fort durs , préparés par la nature , & que l'art applique utilement à différens usages. Parce qu'ils sont petits & anguleux , on s'en sert commodément pour user ou nettoyer les métaux , ou tous autres corps encore plus durs , sur lesquels la lime , ou le tranchant de l'acier ne trouve plus de prise : on les mouille en pareil cas , pour aider leur mobilité, & pour em-

**I.**  
**LEÇON.** pêcher qu'en s'usant mutuellement ; ils ne perdent , avec leurs petits angles tranchans, la propriété qu'ils ont d'entâmer les matières les plus solides.

La transparence du sable blanc le rend propre à d'autres usages ; il est la base de tous les ouvrages de verre ; le mélange de quelques sels , & l'action d'un feu très-violent qui le divise , & qui en sépare les faletés, met ses parties en état de se lier , & de former une pâte susceptible de toutes sortes de formes , & qui en se refroidissant , prend de la consistance , sans cesser d'être diaphane.

## II. EXPERIENCE.

### PREPARATION.

Que l'on fasse passer sous la lentille le second verre du porte-objets sur lequel on a mis quelques gouttes d'eau salée que l'on a laissé sécher.

### EFFETS.

En approchant l'œil du microscope , on apperçoit des molécules qui paroissent sous des figures sem-

blables, quand la préparation a été faite avec un même sel : si l'on a employé par exemple, celui qui vient de la mer, & qu'on fait servir communément à l'usage des tables ; ce qu'on apperçoit avec le microscope, ressemble à des petits cubes. *Figure 8.*

## EXPLICATIONS.

Les parties de ce sel que l'eau avoit divisées, & qu'elle tenoit en dissolution, se sont fixées sur le verre du porte-objets, pendant que la partie liquide s'est évaporée. Avant cette évaporation de l'eau, le secours du microscope ne suffit pas, pour les rendre visibles, parce qu'alors elles sont encore trop divisées & trop minces pour être apperçues ; mais à mesure que la liqueur les abandonne, elles se rapprochent, & elles forment des molécules d'un plus grand volume ; & quand bien même elles resteroient aussi petites qu'elles étoient dans l'eau, nous ferons voir ailleurs qu'à grandeurs égales, des corps diaphanes se voyent mieux, lorsqu'ils sont plongés dans l'air, que dans tout autre liquide transparent plus matériel.

I.  
LEÇON.

Chaque sel qui se cristallise, affecte ordinairement une figure qui lui est propre, & qui dépend vraisemblablement de la figure même de ses moindres parties. Le sel marin, par exemple, forme des cubes, le salpêtre des aiguilles, le sucre des globules, &c. *Figures 9. & 10.*

#### APPLICATIONS.

L'uniformité de figures dans les molécules, n'est point une qualité particulière aux sels; on en rencontre beaucoup d'autres exemples surtout dans le genre minéral: le cristal de roche, & la plupart des pierres transparentes paroissent assez souvent en petit comme en grand, sous la forme de prisme ou de pyramide exagone; mais on n'en doit pas conclure du particulier au général, que les parties insensibles de tous les corps sont autant de petits modèles de ce qu'ils sont en plus grand volume.

Le sel, à cause de son extrême divisibilité, & de la figure anguleuse & pointue de ses parties, s'insinue fort aisément dans les pores de toutes les

matières animales, végétales, solides ou liquides : & par cette raison on l'employe avec succès pour les conserver. Car la corruption n'étant rien autre chose qu'un déplacement de parties, qui change l'état des molécules dans les Corps mixtes; tout ce qui pourra contenir ces parties dans l'ordre qu'elles ont reçu de la nature, empêchera nécessairement que les petits composés qui résultent de leur assemblage, ne soient altérés; & au contraire tout ce qui donnera lieu au mouvement des moindres parties, occasionnera corruption. Or les particules salines, comme autant de coins, remplissent les petits vuides, soutiennent & appuyent les particules solides, arrêtent le progrès de l'évaporation, & conservent au moins pour quelque tems l'état naturel. C'est ainsi que la chair des animaux, lorsqu'elle est salée, demeure plus long-tems propre à nos usages; & que les fruits confits dans le sucre se gardent pendant plusieurs années.

Cette prodigieuse variété de figures, que l'on observe dans tous les Corps inanimés; & dans les petites

I.  
LEÇON.

masses qui les composent , n'est ni moins grande , ni moins admirable dans le genre animal : le même instrument qui vient de nous faire voir les angles & les pointes des parties salines ; nous découvre aussi un monde de petits Etres vivans, de petits insectes , que nous n'eussions peut-être jamais soupçonné d'exister , dont nous n'eussions certainement pas deviné les formes , & qu'on doit être curieux de connoître ; c'est pourquoi j'ajouterai encore l'expérience suivante , pour achever de faire voir combien la nature a varié la figure des Corps en tout genre.

## III. EXPERIENCE.

## PREPARATION.

On fait passer sous la lentille objective du microscope le troisième verre du porte-objets , sur lequel on a mis avec la pointe d'un cure-dent, une petite goutte d'une des liqueurs dont on va donner la préparation.

1°. Dans un vaisseau dont l'ouverture soit un peu large , il faut mettre macérer dans l'eau un peu de foin

haché, de la paille, des fleurs de différentes espèces & des parties de plantes quelconques, & l'exposer environ une semaine à l'air libre, mais à l'ombre pendant un tems chaud; ou bien si l'on en a la commodité, on pourra, sans attendre, puiser un peu d'eau dans quelque marre aux endroits où il y a de la mousse verte, ou quelques autres plantes aquatiques.

2<sup>o</sup>. Dans une fiole de verre qu'il faut tenir ouverte, il faut exposer de même du vinaigre commun.

3<sup>o</sup>. Dans un verre à boire, ou dans quelque vase équivalent, il faut garder pendant quatre ou cinq jours de l'eau qui se trouve dans l'écaille des huîtres, lorsqu'on les ouvre.

## E F F E T S-

On apperçoit dans la première liqueur, une infinité de petits animaux qui paroissent de différentes espèces, soit par leurs figures, soit par leurs façons de se mouvoir, qui sont extrêmement variées. Les uns semblables à des petites boules *a*, s'élancent en ligne droite, & forment toujours des angles bien marqués, quand ils changent de

I.  
LEÇON.

Fig. II.



1.  
Léon.

masses qui les composent  
moins grande, ni me  
dans le genre animal: l'  
ment qui vient de nos  
angles & les pointes  
nes, nous découvrir  
de petits Etres vivans  
tes, que nous n'eussie  
mais soupçonné d'exi  
n'eussions certainement  
formes, & qu'on d  
de connoître, c'est p  
rai encore l'expéri  
pour achever de faire  
la nature a varié la f  
en tout genre.

### III. EXPER

#### PREPARA

On fait passer sous l'  
tive du microscope le  
se du porte-objets, &  
mis avec la pointe d'un  
petite goutte d'une des  
on va donner la prépar

1°. Dans un vaisseau  
tore soit un peu large, il  
macer dans l'eau un

les fleurs de diffé-  
s parties de plan-  
à l'exposer envi-  
air libre , mais à  
tems chaud ; ou  
commodité , on  
lire , puiser un peu  
marre aux endroits  
le verte , ou quel-  
aquatiques.

le de verre qu'il  
il faut exposer de  
commun.

à boire , ou dans  
alent , il faut gar-  
ou cinq jours de  
dans l'écaille des  
es ouvre.

T S-

is la première li-  
de petits animaux  
fférentes espèces,  
i, soit par leurs fa-  
qui sont extrême-  
is semblables à des  
élancent en ligne  
oujours des angles  
nd ils changent de

I.  
LEÇON.

Fig. 11.

# 58 LEÇONS DE PHYSIQUE

1.  
LEÇON.

directions; les autres *b*, plus allongés, & d'une forme ovale, ne font que tourner; plusieurs laissent appercevoir distinctement des pates, une queue souvent fourchuë, & des antennes; d'autres *c*, composés d'anneaux, se meuvent à la manière des vers de terre, ou comme les sangsuës. On aperçoit à quelques-uns les principaux organes, & la circulation des humeurs; & pour peu qu'on observe avec attention, on découvre bientôt jusqu'à la cause finale de leurs mouvemens; car on en voit qui dévorent les autres, & l'on conçoit sans peine que les uns se meuvent pour joindre leur proie, & les autres pour éviter d'être pris.

Fig. 12.

Dans le vinaigre qui a été exposé plusieurs jours à l'air par un tems doux, on voit des insectes qui par leur figure ressemblent beaucoup à des petites anguilles très-vives: il arrive très-rarement qu'on les trouve mêlés avec des animaux qu'on puisse juger d'une autre espèce.

Fig. 13.

L'eau des huitres, contient un nombre infini de petits animaux qui se ressemblent par la figure, & par

la manière de se mouvoir , la petite  
goute dans laquelle ils nagent , pa-  
roît semblable à un bassin , dans le-  
quel on verroit fourmiller une quan-  
tité prodigieuse de carpes sans na-  
geoires & sans queue ; la transpa-  
rence de leur corps est telle , qu'on  
apperçoit aisément les parties in-  
térieures.

EXPLICATIONS.

La nature a varié la figure des plus  
petits animaux , autant & peut-être  
plus encore que celle des grands :  
mais dans ceux-là comme dans ceux-  
ci , elle est uniforme & constante  
pour chaque espèce. Ainsi le vinaigre  
préparé , comme nous l'avons dit ,  
fait voir des anguilles qui ne diffé-  
rent que par la grandeur ; & l'eau  
d'huitres ne contient pour l'ordi-  
naire que ces animaux dont nous  
avons parlé.

La première liqueur cependant en  
contient plusieurs qui ne se ressem-  
blent ni par la figure , ni par la ma-  
nière de se mouvoir ; ce n'est point  
une raison pour conclurre , que la  
figure de ces petits êtres animés est

I.  
LEÇON.

un effet du hazard; & qu'une seule & même espèce affecte indifféremment celle-ci ou celle-là. Cette liqueur dont il s'agit, est une infusion de plusieurs fortes de plantes, ou différens animaux rencontrent leur nourriture; & l'eau commune qui en est la base, est un milieu qui peut convenir en même-tems à ceux qui se nourrissent d'herbes, & à ceux qui sont voraces. Le brochet vit dans la même eau que la carpe, quoiqu'ils se nourrissent l'un & l'autre bien différemment; & l'histoire des insectes nous fournit nombre d'exemples qui ont un rapport bien plus direct & plus prochain avec cette supposition. Il n'en est pas tout-à-fait de même du vinaigre ou de l'eau d'huitres: il est probable que ces deux liqueurs ne conviennent qu'à très-peu d'espèces de ces petits animaux; & le milieu qu'ils habitent, les met vraisemblablement à l'abri de la poursuite des autres. J'ai essayé plusieurs fois de mettre ensemble des insectes d'eau douce avec ceux du vinaigre, ou avec ceux de l'eau des huitres; les premiers ont toujours péri dans le premier instant.

Fig. 8.



Fig. 12.

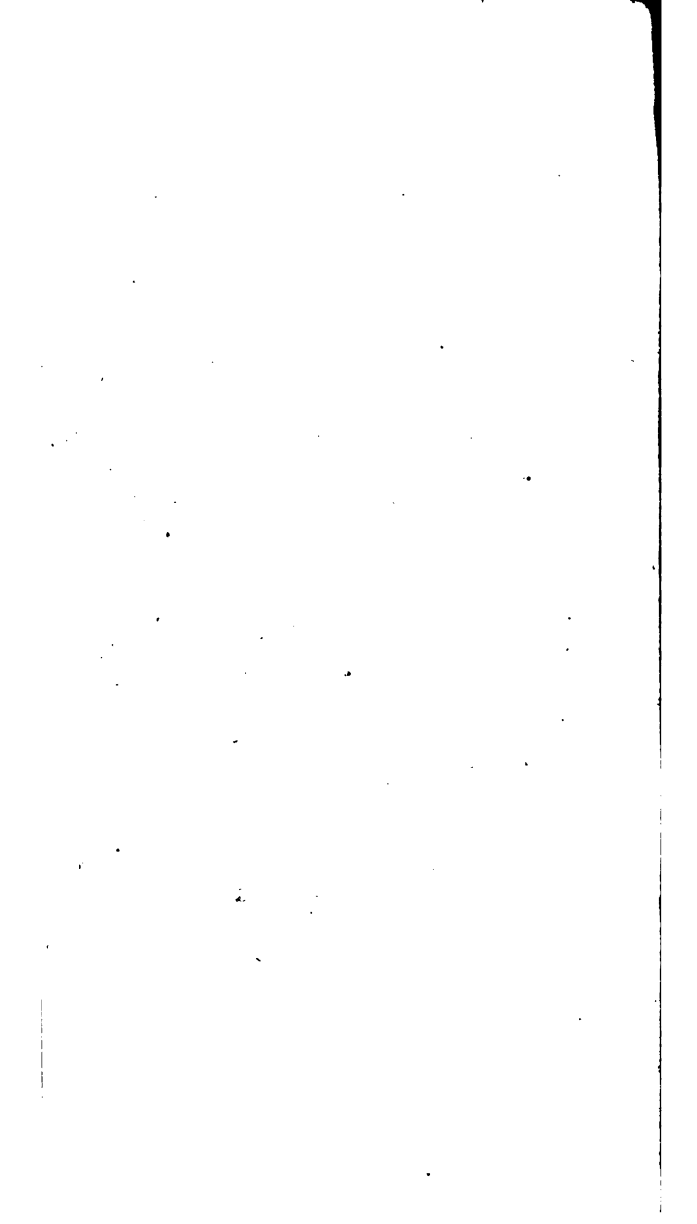


Fig. 10.



Fig. 11.





Les insectes ont été regardés fort long-tems comme les enfans de la corruption , & de la pourriture des autres corps. L'erreur des Anciens touchant leur origine a été telle , qu'ils ont cru pouvoir les faire naître artificiellement , en observant certains procédés dont ils ont même osé donner des recettes. Ce que le préjugé populaire avoit établi , des Philosophes ont tâché de le confirmer , & d'en rendre raison ; & les systêmes que cette opinion a fait naître , ont trouvé des défenseurs jusques dans ces derniers tems. Mais l'hypothèse la plus ingénieuse peut-elle tenir contre des faits qu'il n'est plus permis d'ignorer ? Les Naturalistes modernes mieux instruits qu'on ne l'étoit autrefois de l'histoire des insectes , leur ont donné une origine plus noble & plus vraie ; ils ont reconnu & constaté par des observations qui ne laissent plus rien d'obscur , que la génération de ces petits animaux est aussi bien réglée , & d'une uniformité aussi constante



**I.** pour chaque espèce, que celle des lions & des chevaux, &c. Ils ont  
**LEÇON.** répondu par des expériences décisives, à des apparences trompeuses & trop peu approfondies, sur lesquelles on appuyoit l'ancienne opinion. Telle matière corrompue, disoit-on, fait voir des vers & des mouches; peut-on douter que ces animaux ne doivent leur existence à cette corruption? Comme si l'on pouvoit conclurre qu'un cadavre de cheval engendre des corbeaux, parce qu'il arrive souvent qu'on y trouve de ces oiseaux voraces assemblés; ou qu'un pré fait naître des moutons; parce qu'on y en rencontre des troupeaux qui paissent: on pardonneroit de le soupçonner à quiconque ne sçauroit pas que les oiseaux font des nids pour perpétuer leur espèce, & qu'un agneau vient d'une brebis. Si l'on peut en quelque façon excuser ceux qui les premiers ont été trompés par les apparences, parce qu'alors on n'étoit nullement instruit de la vraie manière dont naissent ces petits animaux si différens des autres par leurs tailles & par leurs figures; pré-

sentement que l'on sçait comment s'engendrent ceux qui sont assez visibles pour être observés. Il n'est plus permis de penser que la nature si conforme à elle-même, prenne d'autres voies pour multiplier ceux qu'une extrême petitesse permet à peine d'apercevoir avec le microscope, ni qu'elle abandonne au hazard le soin de les faire naître.

Il faut donc bien se garder de croire que les petites anguilles qu'on aperçoit dans le vinaigre, ainsi que les petits animaux qu'on observe dans les infusions des plantes, soient des parties putréfiées de ces végétaux, qui se convertissent en corps animés. L'expérience apprend, que si l'on tient les vaisseaux fermés, il ne s'y engendre rien; mais on doit penser que quand ils sont ouverts, les mères que l'air transporte de côtés & d'autres, y vont déposer leurs œufs ou leurs vermiculeux, comme dans un lieu qui doit faciliter leur développement, fournir à leur nourriture, & les faire croître. Cette conjecture; ( si c'en est une, ) est solidement appuyée sur des exemples : combien

d'espèces de mouches voyons-nous aller placer leurs œufs dans des eaux croupies, où le vermisseau venant à éclore, se nourrit, & prend son accroissement jusqu'à ce que le tems de sa métamorphose étant arrivé, il s'élève dans l'air avec une nouvelle forme & des aîles, qui le rendent semblable à sa mere ?

Quelque intéressante que soit cette matière, je ne dois pas m'y arrêter davantage : le Lecteur curieux d'en être plus amplement instruit, doit consulter l'Histoire des Insectes, par M. de Réaumur ; c'est-là qu'il fera connoissance avec ce peuple nouveau ; c'est le bien voir, que de le voir par les yeux d'un tel Observateur. Il me suffira de remarquer ici, que si l'on est sensible à cette prodigieuse variété de figures, par lesquelles la nature a différencié les plus petits corps ; il n'est point de genre qui fournisse plus à notre curiosité, que celui des insectes, où l'on doit admirer également & les différences qui caractérisent les espèces ; & l'uniformité qui régné dans chacune.

## III. SECTION.

*De la solidité des Corps.*

**L**A *solidité* d'un corps n'est autre chose que la quantité de matière qui est liée ensemble sous son volume : je dis, qui est liée ensemble ; car s'il arrivoit qu'une matière étrangère passât librement à travers d'un corps, & qu'elle y exerçât ses mouvemens avec indépendance, comme l'eau de la rivière qui baigne intérieurement un monceau de pierres qu'elle rencontre dans son lit ; cette matière ne contribueroit en rien à la solidité dont il est ici question. Elle l'augmenteroit au contraire, si elle se trouvoit fixée sous le même volume, comme si l'eau courante que nous venons de citer pour exemple, devenoit de la glace au moment qu'elle se trouve entre les pierres amoncellées. Un panier percé de toutes parts, & plongé dans un fluide, n'a que sa propre solidité ; si c'est un morceau de bois, il est plus solide de toute la quantité d'eau

dont il est pénétré , & qu'il unit à sa masse.

I.

LEÇON.

Etre solide est une propriété , non-seulement commune , mais même essentielle à tous les corps ; soit qu'on les considère en tout, soit qu'on n'ait égard qu'à leurs parties les plus simples. C'est aussi le signe le moins équivoque de leur existence. Des illusions d'optique en imposent quelquefois à nos yeux ; nous sommes tentés de prendre des phantômes pour des réalités : mais en touchant , nous nous assurons du vrai , par la persuasion intime où nous sommes , que tout ce qui est corps est solide , capable par conséquent de résistance , & qu'on ne peut placer le doigt ou autre chose dans un lieu qui est occupé par une matière quelconque , sans employer une force capable de la pousser ailleurs.

Toute résistance physique annonce donc une solidité réelle plus ou moins grande ; c'est une vérité tellement avouée , que je ne crois pas qu'elle ait besoin d'autre preuve que l'habitude où l'on est de confondre les deux idées , quoiqu'à parler exacte-

ment , l'une représente la cause , & l'autre l'effet. Mais il y a tel cas où l'une & l'autre ( la solidité & la résistance ) échappent à nos sens , ou à notre attention. Certains corps nous touchent sans cesse , nous touchent par-tout également; l'habitude nous a rendu leur contact si familier que nous avons besoin d'y réfléchir , pour reconnoître l'impression actuelle qu'ils font sur nous. Quand on agit dans un air calme , il est peu de personnes qui pensent qu'elles ont continuellement à vaincre la résistance d'un corps dont la solidité s'oppose à leurs mouvemens. Si l'on sortoit de l'atmosphère pour y rentrer , on sentiroit sans réflexion l'attouchement de l'air , comme on sent celui de l'eau quand on s'y plonge.

Ce qui fait encore que la solidité des fluides échappe à notre attention; c'est que leurs parties indépendantes les unes des autres , & d'une petitesse qui surpasse beaucoup la délicatesse de nos sens , cèdent au moindre de nos efforts , sur-tout quand elles sont en petite quantité : & nous ne pensons pas que nous

---

I.  
LEÇON.

I.  
LEÇON. agissons , quand nous agissons très-peu.

Puisque les fluides sont les seuls corps dont la solidité ait en quelque façon besoin d'être prouvée , & que la grande facilité qu'ils ont à céder , pourroit faire croire à ceux qui n'y feroient point assez d'attention , que ces sortes de corps sont incapables de résistance ; nous les employerons par préférence dans les expériences que nous appellerons en preuves , & nous choisirons l'air comme le moins solide de tous ceux qu'on peut retenir dans un vaisseau fermé, afin que sa solidité bien établie sur des faits , fasse conclurre à plus forte raison, la même chose pour tous les autres corps.

## PREMIERE EXPERIENCE.

### PREPARATION.

Dans un vase de cristal représenté par la *Fig. 14.* on verse cinq ou six pintes d'eau bien claire ; & l'on met flotter sur la surface de l'eau un petit morceau de liège *A* ; on descend ensuite perpendiculairement le vase *B* , afin que l'air qu'il contient ne puisse pas s'échapper.

## EFFETS.

I.  
LEÇON.

La partie de la surface de l'eau qui répond à l'ouverture du vaisseau *B*, s'abaisse à mesure qu'on le fait descendre ; le petit morceau de liège qui flotte dessus, rend cet abaissement sensible, & fait voir qu'il n'entre point d'eau dans le vaisseau *B*.

## EXPLICATION.

Le vaisseau *B*, contient une colonne d'air qui remplit sa capacité ; cette masse fluide, quoique peu matérielle, est pourtant composée de parties réellement solides, qui ne peuvent être déplacées par un autre corps, à moins qu'on ne leur ouvre une nouvelle place qu'elles puissent aller occuper. Comme le vaisseau *B* est fermé de toutes parts, & que l'eau qui se présente à son ouverture est plus pesante que l'air ; ce dernier fluide ne peut sortir du lieu où il est, & comme il est solide en ses parties, il se comporte à l'égard de l'eau qu'il rencontre, comme tout autre corps dont les parties seroient liées. Ainsi la surface de l'eau baisse autant qu'on



**LEÇON.** I. fait descendre le vase qui contient l'air ; ce qui devient évident par le petit morceau de liège qui flotte dessus.

Quoique l'air du vaisseau *B*, s'oppose à l'eau qui fait effort pour y entrer ; sa résistance n'est point telle qu'elle l'en exclue entièrement. Nous verrons ailleurs qu'une masse d'air est un corps flexible, & qu'elle peut se resserrer dans un plus petit volume quand on l'y force : nous ferons voir aussi qu'un corps plongé dans un fluide, y est d'autant plus pressé, qu'il y descend plus avant. Ces deux principes une fois supposés, expliquent fort bien pourquoi l'eau s'élève un peu dans le vaisseau *B*, nonobstant la résistance de l'air ; ce qui arriveroit aussi en substituant à l'air toute autre matière flexible, & incapable de se mêler avec l'eau ; comme nous le prouverons en parlant de la compressibilité des corps. Mais quelque chose qui arrive, & à quelque profondeur que l'on porte le vaisseau *B*, jamais l'eau ne réduira le volume d'air à zéro pour occuper toute la place. Quand une fois l'effort qui se

fait à la base, aura rapproché les parties autant qu'elles peuvent l'être, il n'est point de force qui le resserre dans un plus petit espace; ce qui suffit pour prouver que ce fluide a comme tous les autres corps, une solidité absolue.

## APPLICATIONS.

Par l'expérience précédente, pour peu qu'on y pense, on apprend pourquoi l'on ne remplit point un pot ou tout autre vase semblable, quand on le plonge l'orifice en bas; par quelle raison l'entonnoir dont le canal remplit trop exactement le col d'une bouteille, n'est point propre à y introduire une liqueur; & ce qui oblige d'avoir recours à certaines voyes extraordinaires, pour remplir des vaisseaux qui ne sont ouverts que par un très-petit canal, comme la caffolette de la 3<sup>e</sup>. Exp. 1<sup>e</sup>. Sect. Le préjugé, ou l'habitude que nous avons de vivre dans l'air, nous fait regarder comme vuide tout ce qui n'est plein que de ce fluide; dans cette confiance mal fondée, nous croyons qu'une liqueur n'a qu'à se

---

**I.  
LEÇON.**

présenter de quelque façon que ce soit à l'ouverture d'un vase , pour y trouver accès ; mais nous devrions faire attention que toutes ces capacités sont naturellement remplies d'air comme elles seroient pleines d'eau , si elles avoient été fabriquées au fond d'un étang , & qu'elles n'en fussent jamais sorties : nous devrions penser de plus , que l'air ayant de la solidité dans ses parties , on ne doit pas prétendre de loger avec lui un autre corps dans le même lieu ; & qu'ainsi pour mettre de l'eau , du vin , &c. dans une bouteille , il faut que l'air puisse passer entre le col & l'entonnoir pour faire place à la liqueur. Mais quand ce col est tellement étroit , qu'il ne peut pas donner en même-tems un passage libre à deux matières qui coulent en sens contraire , c'est-à-dire , à la liqueur qu'on veut faire entrer , & à l'air qui doit sortir ; il faut que cela se fasse successivement. C'est pourquoi quand on veut introduire l'esprit de lavande dans la cassiolette que nous avons citée , on commence par la chauffer ; & quand l'action du feu

a fait sortir une bonne partie de l'air qu'elle contenoit , on plonge le col dans la liqueur qui va prendre sa place.

I.  
LEÇON.

Nous ne considérons maintenant dans cet effet , que le déplacement d'un fluide qui doit précéder l'introduction d'un autre. Lorsque nous expliquerons les propriétés de l'air , nous ferons connoître comment un vase que l'on chauffe , perd une grande partie de l'air qu'il contient.

Nous avons dit pourquoi l'air ne peut point s'échapper du vaisseau *B* dans l'expérience précédente ; c'est par la même raison , qu'il demeure dans la cloche du plongeur , & qu'il fournit à sa respiration pendant quelque tems. C'est par la raison contraire, que l'on puise commodément une liqueur dans un vase qu'on ne veut pas remuer , avec une espèce de chalumeau renflé par le bas , comme il est représenté par la *Fig. 15*. Car comme cet instrument est ouvert en *C* , l'air s'échappe par cette issue, à mesure que la liqueur s'introduit par l'orifice *D*, & l'expérience suivante apprendra comment on peut le transporter plein, en empruntant la résistance de l'air extérieur.

## PREPARATION.

La *Fig. 16.* représente une espèce de fontaine, dont le canal *EF* est ouvert de part & d'autre; la partie *E* est élevée d'environ 2 lignes au-dessus du fond du bassin *GH*, qui est percé au centre : on remplit d'eau le réservoir *IK*, jusques aux  $\frac{3}{4}$  quarts ou environ.

## EFFETS.

Cette fontaine coule à plusieurs reprises par les petits canaux 1, 2, 3, 4, tant que l'eau contenue dans le réservoir peut fournir à cet effet.

## EXPLICATIONS.

Lorsque le canal *EF* est ouvert, il laisse un passage libre à l'air qui exerce intérieurement sa pression sur la surface de l'eau en *IK*. Il y a alors deux causes qui concourent à l'écoulement; la pression de l'air intérieur, & le poids de l'eau. De ces deux causes, la première est contrebalancée par la résistance de l'air extérieur qui répond au bout de chacun des petits

canaux 1, 2, 3, 4, & qui s'oppose par dehors à la chute de l'eau avec une force égale à la pression qui la sollicite par dedans; la seconde cause (le poids de l'eau, ) subsiste entièrement, & suffit pour la faire couler. Mais si le canal *EF* vient à se boucher, l'air intérieur cessant de presser la surface de l'eau en *IK*, laisse agir librement celui du dehors, dont la résistance l'emporte sur la pesanteur du liquide, & l'écoulement cesse. On se sert assez ingénieusement de l'eau même qui s'écoule, pour causer les intermittences. Comme elle ne peut sortir du bassin *GH*, qui la reçoit, que par le trou qui est au centre; elle s'y trouve d'abord, & pendant quelque tems; en assez grande quantité pour noyer l'extrémité *E* du canal; & ce n'est que quand elle est écoulée, qu'il se trouve ouvert de nouveau, & qu'il rend le passage à l'air.

## APPLICATIONS.

On trouve en différens lieux des sources intermittentes dont les écoulemens sont périodiques; ces effets naturels qui se rencontrent assez ordi-

---

 I.  
LEÇON.

nairement dans le voisinage des montagnes , dépendent bien souvent de plusieurs causes qui s'entr'aident pour la même fin ; mais comme les différentes explications qu'on en donne , sont la plupart fondées sur certaines propriétés de l'air que nous n'avons point encore fait connoître , nous différons de les rapporter , jusqu'à ce que l'ordre que nous nous sommes proposé dans cet ouvrage , nous ait donné lieu de traiter de ce fluide. Nous supposons seulement ici, ( ce qu'il a de commun avec tous les autres corps , ) qu'il est capable de résister & d'agir sur d'autres matières ; & nous en trouvons des preuves non seulement dans les expériences que nous venons de citer , mais encore dans plusieurs effets que nos propres besoins nous mettent tous les jours sous les yeux.

La nécessité de tenir ouverte la partie *C* de l'instrument cité ci-dessus \* pour permettre à l'eau d'y entrer par l'extrémité *D*, ne laisse point ignorer la résistance de l'air qui resteroit enfermé. Mais quand on veut transporter la liqueur qu'on a puisée

\* Fig. 15.

c'est encore par une semblable résistance employée en-dehors, qu'on en vient à bout. En fermant avec le doigt la partie *c* du canal, on donne lieu à l'air extérieur d'opposer toute sa force en *d* à la chute du liquide renfermé. Les lampes & les encriers dont les réservoirs sont des bouteilles renversées, comme le représente la *Fig. 17.* ne sont encore que des exemples variés des mêmes effets. Si l'on faisoit la moindre petite ouverture en la partie supérieure *L* du vase, la liqueur se trouveroit alors entre deux puissances égales; car l'air qui résisteroit en *M* ne feroit qu'équilibre à celui qui presseroit par *L*, & l'huile ou l'encre obéiroit librement à sa pesanteur qui ne lui permettroit pas de rester suspenduë au-dessus de son niveau. Mais tant que le réservoir est fermé par le haut, l'air qui s'oppose en *M* a des forces suffisantes pour soutenir la liqueur. Un tonneau plein, quoiqu'ouvert par un trou de vrille, trompe encore l'attente de celui qui l'a percé, s'il oublie de lui donner de l'air par le haut. C'est encore par la même cause, qu'une bouteille bien bouchée par le col, au fond de la-

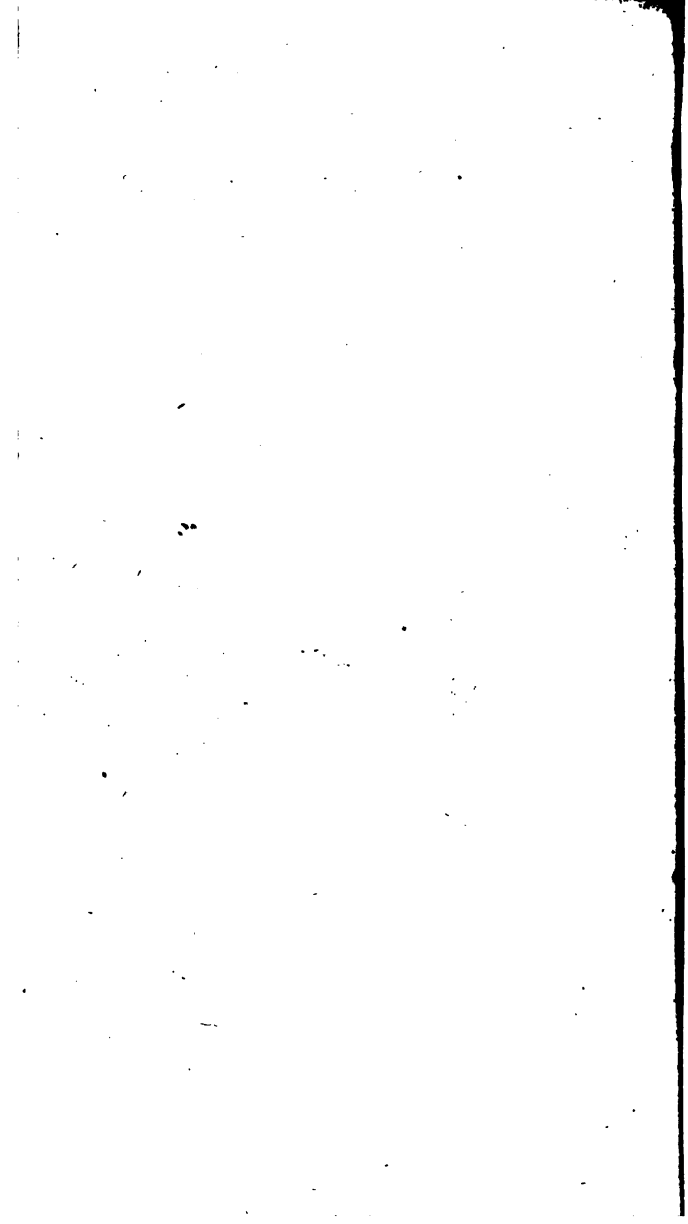


quelle on a fait secrètement un trou; inonde & surprend beaucoup celui à qui on la donne à déboucher.

La solidité des corps se nomme aussi *Impénétrabilité*; mais ce terme a besoin d'être expliqué pour prévenir des objections tirées de certaines expériences, par lesquelles il paroît que plusieurs matières mêlées ensemble confondent leurs grandeurs, & se pénètrent mutuellement: une éponge, par exemple, reçoit intérieurement une quantité d'eau qui semble perdre son propre volume, puisque celui sous lequel elle se trouve renfermée après cette espèce de pénétration, n'en est point sensiblement augmenté; un vaisseau plein de cendres ou de sable admet encore une grande quantité de liqueur; & parties égales d'esprit de vin & d'eau mêlées dans le même vase, y tiennent moins de place qu'elles n'en occupoient avant le mélange: la matière est-elle donc pénétrable? ou si elle ne l'est pas, dans quels sens faut-il entendre son impénétrabilité!

C'est qu'il faut soigneusement distinguer la grandeur apparente des corps,

de leur solidité réelle. Les parties indivisibles (s'il y en a) sont absolument impénétrables. Celles même d'un ordre inférieur, qui commencent à être composées, ne sont encore vrai-semblablement jamais pénétrées par aucune matière; en un mot il y a dans tous les corps quels qu'ils puissent être, une certaine quantité de parties qui occupent seules les places qu'elles ont, & qui en excluent nécessairement tout autre corps. Mais ces parties solides & impénétrables qui sont proprement la vraie matière de ces corps, ne sont pas tellement jointes ensemble, qu'elles ne laissent entre elles des espaces qui sont vuides, ou qui sont pleins d'une autre matière qui n'a aucune liaison avec le reste, & qui cède sa place à tout ce qui se présente pour l'en exclure; en admettant ces petits interstices dont nous prouverons l'existence dans la leçon suivante, on conçoit très-facilement que l'impénétrabilité des corps doit s'entendre seulement des parties solides qui se trouvent liées ensemble dans le même tout, & non pas du composé qui en résulte.

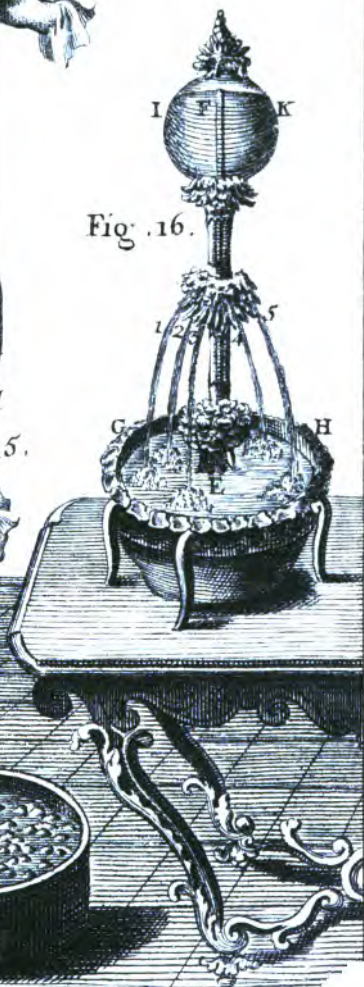


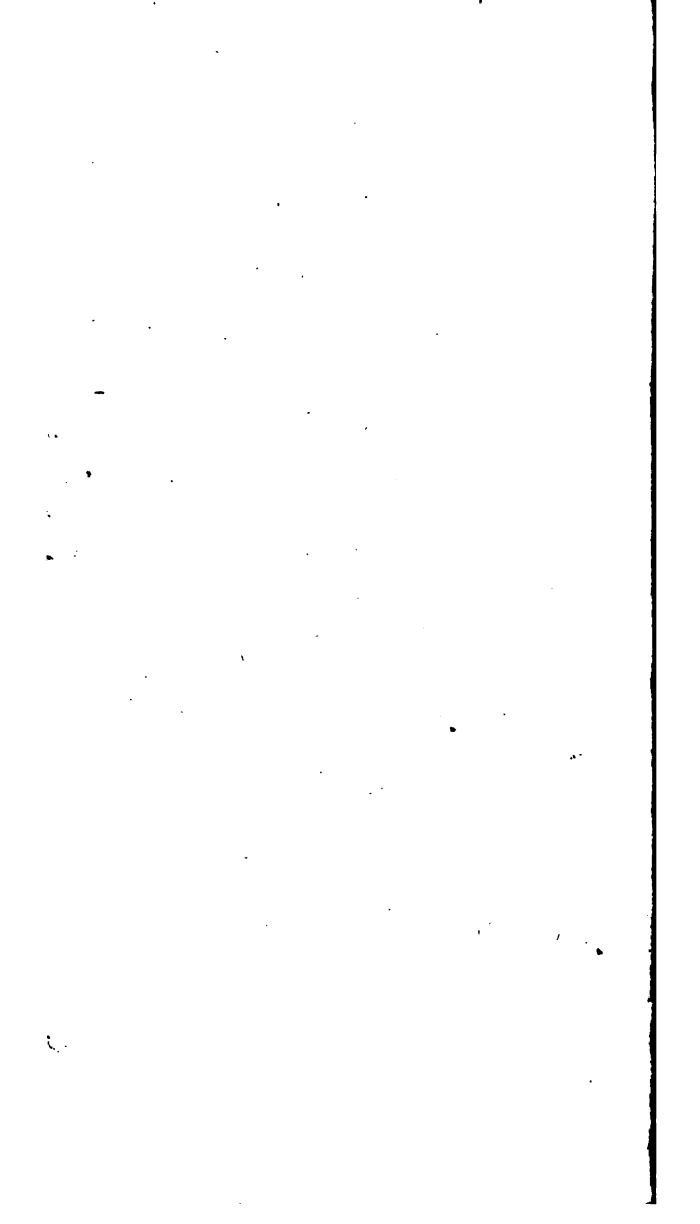


*Fig. 15.*



*Fig. 16.*







## II. LEÇON.

*De la Porosité , Compressibilité ,  
& Elasticité des Corps.*

---

### PREMIERE SECTION.

*De la Porosité.*

**L**A Porosité des corps n'est autre chose que le vuide qui se trouve entre leurs parties solides; & par ce mot de *vuide* nous ne prétendons pas faire entendre des espaces privés de toute matière; il est indubitable que la plus grande partie de ces interstices loge des fluides dont la présence se manifeste par mille preuves. Quand je plonge dans l'eau une éponge sèche, ou une pierre tendre, j'en vois sortir beaucoup d'air, à mesure que l'eau les pénètre: & quand je fais sécher des matières humides, elles deviennent plus légères à mesure qu'elles perdent par l'évaporation, ce que leur porosité avoit admis. Ces corpuscules

---

II.  
LEÇON.

---

**II.**  
**LEÇON.**

étrangers ne remplissent que les plus grands vuides ; la matière du feu , celle de la lumière que nous voyons passer dans des corps impénétrables à l'air , à l'eau , &c. ne nous permettent point de douter qu'il n'y ait des pores d'un autre ordre , qui se remplissent de ces fluides beaucoup moins grossiers que les autres ; mais quand on considère la matière propre d'un corps , c'est toujours en faisant abstraction de toutes ces parties étrangères qui suivent d'autres loix , & qui ne participent point à ses affections. On peut croire aussi qu'après ces premiers vuides qui n'en sont point à proprement parler , puisqu'ils sont pleins d'une autre matière , il en est d'autres plus petits & qui le sont au sens littéral. La liberté requise pour les mouvemens, semble l'exiger ; mais s'ils existent dans la nature , ils ne sont point susceptibles d'aucune preuve d'expérience. En exceptant donc seulement les parties simples & primordiales des corps , nous établissons comme une proposition générale , que tout ce qui est composé de parties matérielles est poreux , les corps durs

Comme les liqueurs , ceux qui sont organisés comme ceux qui ne le sont pas; & s'il y a quelque différence dans les uns & dans les autres , ce n'est que par la grandeur , par le nombre, par la figure ou par l'arrangement des pores.

## PREMIERE EXPERIENCE.

## PREPARATION.

La *Figure première* représente une machine pneumatique , sur la platine de laquelle on a établi un canon de verre *NO* , terminé en haut par un vase de bois de chêne *P* , qui a été creusé selon le fil du bois , & dont le fond est épais d'environ 3 lignes ; on met de l'eau dans ce vase , & l'on fait agir la pompe.

## EFFETS.

Après quelques coups de piston , l'eau contenue dans le vase de bois passe à travers le fond , & tombe par gouttes dans le canon de verre ; le bois s'étend , & quelquefois le vaisseau se fend.



## I I.

## LEÇON.

La machine pneumatique est un instrument qui sert à pomper l'air qui est renfermé dans un vaisseau. Nous nous abstiendrons de rien dire ici de sa construction & de ses différens usages , par ce que c'est une chose étrangère à notre objet présent, & qui trouvera naturellement sa place dans les leçons qui traiteront des propriétés de l'air. Il nous suffira de dire ici qu'en faisant agir la pompe de cette machine dans l'expérience précédente, on peut ôter l'air qui est contenu dans le canon de verre *NO*.

Un morceau de bois considéré selon sa longueur , est un assemblage ou un faisceau de petites fibres renfermées sous l'écorce qui leur sert d'enveloppe commune. On peut s'en faire une idée , ( fort grossière à la vérité , ) en se représentant une botte d'allumettes couvertes d'un fourreau. Quelque menuës que puissent être ces fibres ligneuses , elles ne s'approchent jamais de manière qu'elles ne laissent entre elles des interstices qui forment autant de petits canaux. En creusant

le vase de l'expérience précédente, on a réduit la longueur de ces canaux à l'épaisseur du fond qui n'est que de deux ou trois lignes ; ainsi l'on peut considérer ce fond comme un crible ouvert par une infinité de petits trous qui passent d'une surface à l'autre ; cependant les pores du bois de chêne sont si petits, que l'eau dont on remplit le vaisseau, aidée de son seul poids, ne peut se faire jour à travers. Il faut emprunter une force étrangère qui la mette en état d'aggrandir les passages & de pénétrer ; on se sert ici de la pression de l'air extérieur , qui agit toujours sur la surface de l'eau , mais qui ne peut avoir son effet que quand on diminue, ou qu'on fait cesser la résistance de celui qui est renfermé dans le canon de verre, & qui lui fait équilibre , tant qu'il y reste : ainsi après quelques coups de piston, l'eau poussée par dehors n'étant plus soutenue par dedans *NO* , se filtre à travers le fond du vase de bois , & s'amasse en gouttes qui forment en tombant une espèce de pluie.

Les pores n'ont pas pû s'aggrandir, que les parties solides du bois ne se

soient écartées les unes des autres ; & que la surface ne se soit étendue ; mais si la circonférence que l'eau pénètre moins , ne s'étend pas proportionnellement autant que le milieu ; le fond du vase deviendra courbe , ou le vase lui-même s'ouvrira par quelque fente.

## APPLICATIONS.

Les bois qu'on nomme *tendres* , ( parce qu'étant plus poreux que les autres, ils sont plus aisés à couper , ) lorsque leur surface n'est enduite d'aucune matière grasse , deviennent humides , quand ils sont plus secs que l'air qui les touche ; ou bien ils perdent une partie de leur humidité , s'ils sont dans un air qui en ait moins qu'eux : parce qu'il est de la nature des fluides de s'étendre par-tout avec égalité ; & comme l'état de l'atmosphère varie sans cesse, les bois ainsi que tous les corps spongieux , souffrent continuellement des alternatives d'humidité & de sécheresse ; ce qui cause des variations dans leurs volumes ; les surfaces augmentent d'étendue dans un tems , dans un autre elles dimi-

nuënt. C'est par cette raison , que les charpentes dans les bâtimens neufs , que les cloisons de sapin, que les lambris & autres ouvrages de menuiserie qui n'ont point été faits avec des bois long-tems gardés à couvert , se fendent souvent avec éclat , & que les assemblages perdent leur justesse & leur solidité; qu'une fenêtre qui se ferme aisément dans un tems , se trouve trop large dans une autre , & peut à peine rentrer en place; qu'un tonneau entr'ouvert se raccommode en restant dans l'eau , &c. Car tous ces effets ne sont autre chose que des dimensions augmentées par l'humidité , ou diminuées par la sécheresse.

Ces sortes de désordres ne seroient pas à beaucoup près aussi considérables qu'ils sont , si la diminution ou l'augmentation des surfaces se faisoit également par-tout & en même tems; dans les ouvrages qui sont d'une seule pièce , ou qui sont assemblés à colle , il n'arriveroit qu'un changement de grandeur qui seroit souvent d'une légère conséquence : mais parce qu'un côté devient humide & plus grand , pendant que l'autre reste sec

& sans diminution, il s'ensuit des gerçures, des courbures, des difformités. C'est ainsi qu'un lambris se creuse en dehors, quand la surface qui touche un mur humide, demeure plus étendue que l'autre ; & qu'une porte se déjette, quand les pièces qui la composent, ne sont pas également susceptibles ou exemptes des impressions de l'air.

L'usage des peintures à l'huile & des vernis remédie assez bien à ces fortes d'inconvéniens : en bouchant ainsi les pores du bois avec une matière qui n'est point pénétrable à l'eau, non-seulement on empêche l'humidité d'y entrer, mais aussi celle qui s'y trouve renfermée dans le tems qu'on finit l'ouvrage, n'en peut plus sortir ; & c'est un moyen de conserver un état constant aux choses qui n'en peuvent changer que par le sec ou par l'humide.

C'est une chose admirable, que des parcelles d'eau qui s'insinuent dans une matière solide, puissent ainsi par leurs petites forces multipliées, augmenter son étendue, nonobstant les résistances énormes qui font effort quelquefois

quelquefois pour la retenir dans ses dimensions. On a vû des cables mouillés à dessein , se gonfler aux dépens de leur longueur , & faire approcher du point fixe où ils étoient attachés des masses prodigieuses. Une semblable expérience , & qui n'est pas moins digne d'attention , se passe tous les jours sous des yeux qui n'en remarquent pas tout le beau , dans les carrières où l'on taille les meules de moulin. Ces fortes de pierres sont fort dures , & l'on n'est pas dans l'usage de les scier. On en choisit un bloc que l'on façonne en forme de cylindre d'un diamètre convenable. Tandis qu'il repose sur sa base , on le partage par des tranchées circulaires & parallèles , à telle distance l'une de l'autre qu'il se trouve entre elles de quoi faire autant de meules: mais comme ces tranchées ne peuvent pas aller jusqu'à l'axe du cylindre , il reste un noyau qu'il faut rompre à chaque tranche qu'on veut détacher ; pour cet effet on remplit tout ce qu'on a creusé avec des coins de bois tendre & bien séchés , dont on augmente ensuite le volume en les mouillant par asperision ou autrement.

---

 II.  
LEÇON.

Ce qu'il y a de merveilleux dans cette pratique, c'est que ni le poids, ni la dureté d'une telle pierre, ne puisse empêcher l'humidité d'avoir son effet sur le bois, & que par un moyen si simple, & si peu puissant en apparence, elle se sépare de la masse dont elle fait partie.

## II. EXPERIENCE.

## PREPARATION.

En place du canon de verre de l'expérience précédente, on met celui qui est représenté par la *Fig. 2.* Il est garni, par le haut, d'un flacon de cristal, dont le fond est de cuir de buffle, & dans lequel on a mis du mercure jusques à la hauteur de deux doigts ou environ.

## EFFETS.

Au premier & au second coup de piston, le mercure passe à travers le cuir, & tombe dans le tube par petits globules qui imitent une pluie d'argent.

## EXPLICATIONS.

La peau de buffle qui sert de fond

au flacon , est comme celle de tous les autres animaux , très-poreuse ; le mercure qui repose dessus , n'est pas en assez grande quantité pour forcer le passage par son propre poids ; mais quand on y joint la pression de l'air extérieur comme dans la première expérience , alors ses petits globules se font jour , & imitent en tombant , une pluie d'argent , par leur nombre & par leur couleur.

## APPLICATIONS.

La vie des animaux s'entretient par les alimens ; mais de tout ce qu'ils prennent par forme de nourriture , la nature n'en employe qu'une très-petite partie à la subsistance du corps qui les digère : quand elle a fait son extrait , & qu'elle l'a placé selon ses vûes , elle a des voies par lesquelles elle sçait se débarrasser du superflu : on croiroit volontiers que les évacuations les plus vulgairement connues sont aussi celles qui emportent la plus grande quantité de ces substances excédentes ; mais il en est d'autres qu'on apperçoit moins , & qui opèrent davantage , parce qu'elles se



---

 II.  
LEÇON.

font continuellement. Ce qu'on appelle *transpiration*, n'est autre chose qu'une évaporation d'humeurs surabondantes qui se fait en plus grande partie par les pores de la peau : si elle est telle qu'elle rende la surface du corps notablement humide, elle se nomme transpiration sensible, ou vulgairement *sueur* ; & cet état n'est pas naturel, il suppose un exercice violent, ou quelque agitation extraordinaire dans les parties internes ; mais l'animal le plus tranquille & qui se porte le mieux, n'est pas un instant sans transpirer d'une manière peu sensible à la vérité, mais si efficace à la longue, que selon les expériences de Sanctorius, de M. Dodart, & de quelques autres personnes qui les ont faites avec soin, de huit livres de nourriture qu'un homme auroit prises en 24 heures, la transpiration insensible en enlève cinq.

On ne doit donc pas être surpris du dépérissement & de la défaillance de ceux qui sont trop longtemps sans manger, ou qui ne prennent que des substances peu capables de fournir à la réparation de celles qui

se perdent continuellement par la transpiration : mais on a raison de l'être , quand on voit des létargiques & certains animaux, comme les marmotes , les loirs , &c. vivre plusieurs mois endormis , sans prendre aucun aliment.

Ceux qui ont vû des corps vivans & endormis de cette sorte , ont dû s'appercevoir que leur état ressemble bien plus à un engourdissement général répandu dans toute l'habitude du corps, qu'au sommeil naturel & commun. Dans un animal qui n'est simplement qu'endormi selon le cours ordinaire de la nature, la respiration est sensible & fréquente ; la chaleur & la mollesse des membres témoignent que les humeurs se meuvent & circulent avec liberté : il n'y a pour ainsi dire qu'un pas à faire de ce sommeil au réveil ; ainsi la transpiration continuë , parce que ses causes sont à peu - près les mêmes : mais dans un létargique ce n'est par la même chose , tout est dans une inaction presque entière ; il ne diffère d'un mort que par un reste de mouvement qui se laisse à peine appercevoir , & qui le plus

souvent ne se ramène plus : ou s'il se ranime enfin, l'extrême maigreur & la grande foiblesse du malade marquent bien à son réveil la perte qu'il a faite de sa substance par une transpiration plus lente mais trop longue. J'ai observé quelquefois de ces espèces de rats qu'on nomme loirs ; l'engourdissement où ils étoient , leur rendoit les membres aussi roides que s'ils eussent été morts ; à peine paroissent-ils plus chauds que la muraille d'où on les avoit tirés ; presque aucun signe de mouvement interne , & une difficulté pour les éveiller qui permettoit de les agiter de toute manière , & même de leur faire des blessures. Dans un tel état , l'animal fait bien peu de dissipation ; il peut donc le soutenir quelque-tems sans nourriture , & ce tems où il vit ainsi , est toujours celui de toute l'année , où la transpiration est moins abondante , c'est-à-dire , pendant le froid.

Dans les grandes chaleurs de l'été on transpire davantage , & d'ordinaire on mange moins que dans toute autre saison ; les parties de l'estomac destinées à faire la digestion des

alimens , se relâchent justement lorsqu'il seroit le plus nécessaire qu'elles exerçassent leurs fonctions ; les animaux sont alors moins vigoureux , parce qu'ils perdent plus, & qu'ils réparent moins qu'en tout autre tems , l'appétit & le besoin de manger ne sont point la même chose.

Si la peau des animaux a des pores qui transmettent les humeurs du dedans au-dehors , elle en a aussi qui permettent le passage à des matières qui agissent du dehors au-dedans ; la Médecine applique extérieurement des remèdes qui portent leurs effets jusqu'aux parties les plus internes , & qui ne permettent point de douter de cette dernière espèce de porosité.

### III. EXPERIENCE.

#### PREPARATION.

On met un œuf dans un gobelet de verre plein d'eau claire , que l'on couvre d'un récipient , sur la platine de la machine pneumatique , comme il est représenté par la *Fig. 3.*

II.  
LEÇON.

## EFFETS.

Quand on fait agir la pompe pour ôter une partie de l'air qui est dans le récipient , toute la surface de l'œuf se couvre de petites bules d'air qui se détachent peu à peu , pour gagner la surface de l'eau ; & à certains endroits de l'œuf on remarque des petits jets d'air qui sont formés par une fuite continuelle des globules.

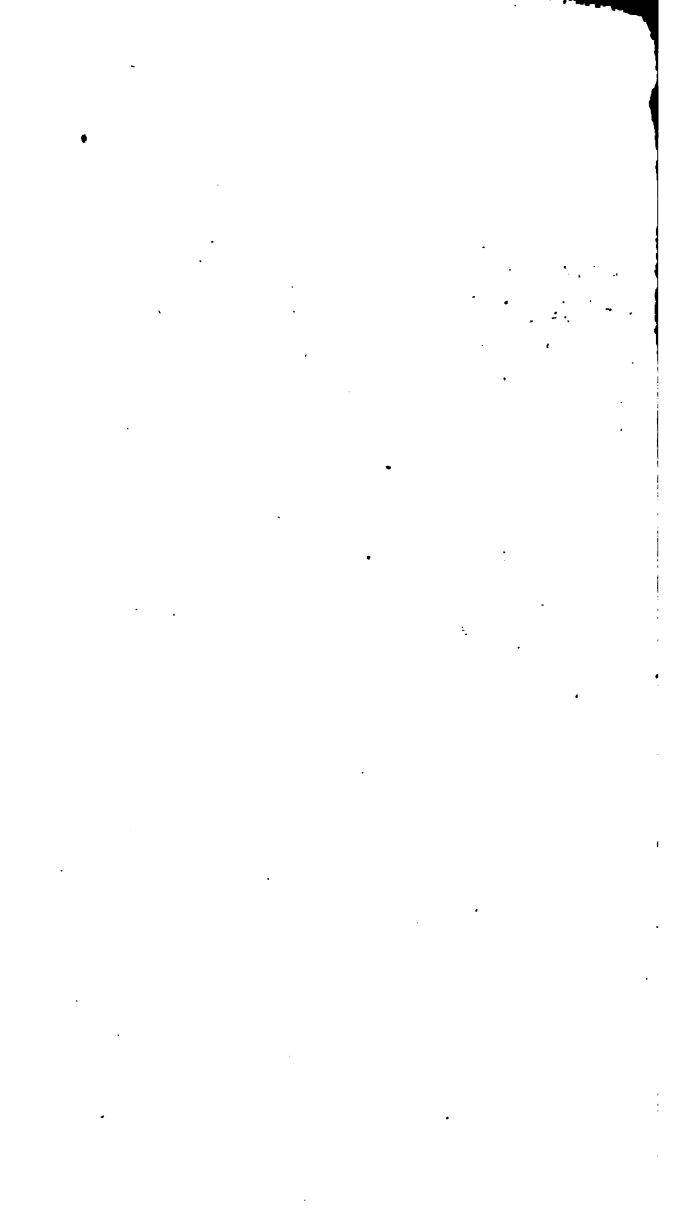
## EXPLICATIONS.

La coque d'un œuf est poreuse, & par cette raison il s'évapore en peu de jours une partie de sa substance , qui est bien-tôt remplacée par l'air qui l'environne. Cet air contenu dans l'œuf n'en sort point tant qu'il est retenu par la pression de l'atmosphère : mais quand on diminue ou qu'on fait cesser cette pression , comme il arrive dès qu'on ôte l'air qui est dans le récipient , & qui presse l'eau contre toute la surface de l'œuf ; aussi-tôt l'air intérieur , par une propriété que nous expliquerons dans son tems , fait effort pour passer au-dehors , & montre en sortant les pores de la coque



Fig . 3.





coque par lesquels il y étoit entré. La plupart de ces pores sont si petits que l'air n'y passe qu'en parties insensibles; mais l'adhérence mutuelle de ces particules les retient, jusqu'à ce que le volume augmenté par un assez grand nombre, soit forcé de s'élever à la surface de l'eau, par la différence qu'il y a entre les pesanteurs spécifiques des deux fluides.

La porosité n'est point égale partout, il y a des endroits où ces petits passages sont plus ouverts, & par lesquels l'air passe assez librement, & en assez grande quantité, pour obéir tout d'un coup à sa légèreté respective; c'est ce qui donne lieu à ces petits jets qu'on remarque en différens endroits. L'eau que l'on met dans le gobelet, & dans laquelle l'œuf doit être entièrement plongé, ne sert que pour faire appercevoir les bules d'air qui sortent de la coque, & qu'on ne pourroit pas remarquer, si elles passaient immédiatement dans l'air du récipient.

#### APPLICATIONS.

Les œufs qu'on nomme *frais*, sont



**II.** ceux qui n'ont point encore perdu  
**LEÇON.** cette partie qu'on nomme *le lait*, &  
qu'on trouve d'abord en les ouvrant,  
quand ils ne sont point trop cuits :  
ainsi sans avoir égard à la date, on  
pourroit nommer de même ceux  
qui seroient pondus depuis plusieurs  
jours, mais à qui l'on auroit épargné  
cette dissipation de substance, qui n'est  
qu'un effet de l'évaporation, qui se  
fait assez promptement par les po-  
res de la coque. Non-seulement c'est  
une chose curieuse de conserver frais  
par leurs qualités des œufs qui sont  
vieux par le tems; mais il y a un avan-  
tage réel à se procurer toujours en  
bon état un aliment qui devient sou-  
vent équivoque, quand il est gardé.  
Dans les voyages de mer, & dans  
les saisons où les poules ne pondent  
point, ou très-rarement, c'est une  
véritable ressource qu'une provision  
d'œufs qui sont aussi bons que s'ils  
étoient nouvellement pondus. M. de  
Reaumur qui ne borne jamais ses re-  
cherches à des spéculations de simple  
curiosité, nous en offre un moyen qui  
paroît aussi simple & plus sûr que tous  
ceux qu'on avoit imaginés avant lui.

Il conseille de boucher les pores de l'œuf avec un enduit indissoluble à l'eau , & qui ait quelque consistance, afin que ce qui fait effort pour transpirer du dedans au-dehors de l'œuf , ne puisse pas fondre ce qui se sera moulé dans les pores comme autant de petits bouchons. Deux ou trois couches de vernis le plus commun, une légère couverture de graisse de mouton , ou de cire chauffée seulement jusqu'à liquidité , sont des moyens qui réussissent également ; & je puis dire d'après ma propre expérience , qu'un œuf ainsi gardé cinq ou six mois , fait encore le lait , & n'a pas le moindre mauvais goût.

Les œufs vernis ou enduits , comme on vient de le dire , n'ont pas seulement l'avantage de se conserver bons , pour être mangés comme frais ; ils ont encore celui de pouvoir être couvés en toute sûreté , après un tems qui , sans cette précaution , feroit craindre avec raison qu'ils ne fussent corrompus : c'est donc un nouveau moyen pour tenter d'élever des oiseaux étrangers , qu'on ne peut transporter vivans qu'avec beaucoup

**II.** de peine & d'embarras, & qui pour  
**LEÇON.** l'ordinaire ne s'accouplent point hors  
 de leur pays. Leurs œufs vernis se  
 transporteront aisément, seront pro-  
 pres à être couvés après un long  
 transport ; & l'on sçait qu'une espèce  
 couve les œufs d'un autre ; une poule  
 fait éclore des canards, des faisans,  
 &c. Mais en pareil cas il ne faut pas  
 oublier de préférer le vernis à tout  
 autre enduit qui s'appliqueroit chaud  
 & qui pourroit tuer le germe ; non  
 plus que d'ôter le vernis même qui  
 couvre la coque, quand il s'agit de  
 mettre les œufs sous l'oiseau qui les  
 doit couver. Cette transpiration qu'on  
 avoit intérêt d'arrêter jusqu'alors, de-  
 vient nécessaire pendant l'incubation ;  
 & ce sont encore deux faits égale-  
 ment constatés par les expériences  
 de M. de Reaumur ; 1<sup>o</sup>, qu'un œuf  
 verni demeure envain sous l'oiseau  
 qui couve ; 2<sup>o</sup>. que celui qui a été  
 enduit, & qui ne l'est plus, se cou-  
 ve, & vient à bien, comme s'il ne  
 l'avoit jamais été.



## I V. EXPERIENCE.

II.

LEÇON.

## PREPARATION.

Sur un morceau de papier blanc , on écrit , ou l'on dessine ce que l'on veut , avec une liqueur claire & sans couleur , qui est préparée avec du vinaigre distillé & de la litarge ; on met le papier , qui ne porte aucune marque d'écriture , quand il est sec , dans les premières feuilles d'un livre qui a 400 ou 500 pages ; on étend ensuite avec une petite éponge sur la dernière feuille du livre , une autre liqueur qui n'est pas plus colorée que la première , & qui est une préparation faite avec l'orpiment , la chaux vive & l'eau commune ; & l'on tient le livre fermé pendant trois ou quatre minutes. *Fig. 4.*

## EFFETS.

Quand on retire le papier qu'on avoit mis dans le livre , on trouve coloré d'un brun noir tout ce qu'on y avoit écrit ou dessiné avec la première liqueur ; & l'on ne rencontre aucune marque semblable dans tout le reste du livre.

## EXPLICATIONS.

II.

LEÇON.

Ces deux liqueurs que l'usage a nommées *encres de sympathie*, sont de telle nature, que par-tout où elles se rencontrent, leur mélange paroît sous une couleur qu'elles n'avoient ni l'une ni l'autre, avant que de se joindre. C'est un effet qui leur est commun avec plusieurs autres liqueurs, & dont nous essayerons de rendre raison, en parlant de la lumière & des couleurs. La dernière de ces deux liqueurs exhale une vapeur fort pénétrante qu'on apperçoit à l'odeur, & qui passe à travers des feuillets du livre en très-peu de tems. Or la vapeur d'une liqueur, c'est la liqueur même divisée en très-petites parties, & dans cet état elle est également propre à s'unir avec ce qu'on a étendu de la première sur le papier blanc; il s'y fait donc un mélange des deux, qui paroît sous la couleur qu'elles doivent faire naître toutes les fois qu'elles se joignent ensemble; & comme cette couleur dépend absolument de l'union des deux, la vapeur en pénétrant le livre, n'a dû laisser aucune

trace de son passage , puisqu'on suppose que les feuilles ne portoient rien de la première liqueur.

## APPLICATIONS.

Depuis qu'on a banni de la Physique toutes ces qualités occultes avec lesquelles on répondoit à tout , mais qui au fond ne rendoient raison de rien à quiconque vouloit des idées claires & distinctes ; on ne doit plus recevoir la *sympathie* & l'*antipathie* , comme les causes d'aucun phénomène , à moins qu'on ne prenne ces mots par abbréviation , pour l'action mécanique d'un corps sur un autre ; comme quand on dit , *tel remède , ou tel aliment , est ami de la poitrine , de l'estomac , &c.* façon de parler , pour dire qu'on en doit attendre un bon effet , & pour ne point expliquer en détail comment se passe cette action qui conserve , ou qui répare. Mais si quelqu'un , pour rendre raison de l'expérience précédente avoit dit : la seconde liqueur fait paroître la première , parce qu'elle sympathise avec elle , il n'auroit rien dit pour ceux qui veulent une explication intelligible ; on exigeroit de lui qu'il fît con-

---

 II.  
LEÇON.

noître en particulier, ou au moins en général, en quoi consiste cette sympathie; ses raisons ne se feroient goûter que quand il les établiroit sur des principes connus: car s'il supposoit dans son explication quelque chose de nouveau en Physique, il faudroit encore qu'il le prouvât, sans quoi ce ne seroit qu'une hypothèse qui n'auroit nulle force.

Ce qui fait recourir aux sympathies ou aux antipathies, pour expliquer certains faits, c'est ordinairement la difficulté qu'on trouve à les accorder avec les loix ordinaires & connues de la nature: mais ceux qui en usent ainsi, sont souvent bien peu informés de ces loix, & de l'usage qu'on peut faire de leur connoissance. Un homme instruit sçait que les propriétés que nous connoissons dans les corps, sont en bien petit nombre, mais qu'elles sont très-fécondes dans leurs applications: elles se montrent par tant d'endroits différens, qu'il a peine à se persuader de les trouver jamais en défaut; sans se flatter de les connoître toutes, il ne se permet pas légèrement la liberté d'en imaginer

de nouvelles ; il aime mieux croire qu'il ne les voit pas toujours où elles sont , & que ce qu'il n'apperçoit pas est réservé à un génie plus heureux ou plus clairvoyant.

Mais ( il faut l'avouer ) les faits sont inexplicables très-souvent, parce qu'ils sont faux ou exagérés ; & c'est agir prudemment que de les constater avant que de faire les frais d'une explication. Ceux qui les racontent ont crû voir ce qu'ils n'ont point vu, faute de discernement ou d'attention : ou bien ils les rédissent d'après gens intéressés ou de mauvaise foi : si la crédulité, l'amour du merveilleux, vient encore à l'appui de l'ignorance & de la prévention , on reçoit comme faits constans toutes les imaginations creuses & puériles qui se présentent , & toutes les exagérations qui se transmettent de bouche en bouche , & qui s'accréditent par le tems & par l'autorité de quelqu'un à qui l'on suppose des lumières qu'il n'a pas. Je ne parle point de l'impossibilité prétendue d'accorder sur un instrument deux cordes , dont l'une seroit de boyaux de mouton, & l'autre



II.  
LEÇON.

de boyaux de loup ; du danger imaginaire de jeter dans le feu de l'urine ou du sang ; de la guérison qu'on attend de certains fruits qu'on porte dans sa poche , ou qu'on jette dans un puits ; & d'une infinité d'autres remèdes , ou préservatifs semblables , dont tout le monde sent le ridicule , & qui ne s'appuyent d'aucune expérience qu'on puisse citer.

Mais qui est-ce qui n'a point entendu parler de la fameuse poudre de sympathie, & de ses effets admirables ? On sçait que ce n'est autre chose que du vitriol calciné au Soleil & pulvérisé ; ce minéral est astringent ; quand on l'applique sur une plaie il ne manque guère de la dessécher, & de la disposer à se fermer en peu de tems : jusqu'ici point de sympathie, dans le sens qu'on le suppose. Quand on employe cette poudre près du blessé sur un linge baigné de son sang encore chaud , il arrive quelquefois que la blessure s'en ressent ; il n'y a encore là rien de sympathique que pour ceux qui ignorent que du vitriol en poudre s'exhale en particules insensibles , que l'air voisin porte aux environs , & qui s'at-

tachent par préférence aux endroits humides. Mais le merveilleux de cette opération, c'est quand cette poudre agit à une grande distance, comme à 4, à 6 ou à 10 lieues.

II.  
LEÇON.

Il n'y a pas d'apparence, ( il faut en convenir, ) qu'on explique jamais un tel phénomène avec quelque vraisemblance par les loix ordinaires & connus de la nature : mais pourquoi chercher à l'expliquer, ce prétendu phénomène, s'il n'est qu'une exagération outrée de quelque Charlatan, soutenuë aveuglement par la crédulité, & par l'envie d'entendre & de débiter des merveilles ? C'est le jugement qu'on doit en porter d'après ceux qui n'en ont voulu croire que leurs propres yeux. \* Combien de pareilles chimères s'évanouiroient, si l'on étoit de bonne foi dans le récit des faits & de leurs circonstances ?

\* Cours de  
Chymie de Lavoisier, p. 492.

AUTANT nous sommes certains que la porosité est une propriété commune à tous les corps, autant nous ignorons la quantité absolue de leurs pores. Comme tout ce qui est matière est pesant, & que la pesanteur ne con-

---

**II.  
LEÇON.**

vient qu'à ce qui est matériel ; nous sçavons bien qu'un corps a moins de vuide qu'un autre , quand à volume égal il pèse davantage que lui : mais cette comparaison ne nous apprend que leur porosité relative ; elle ne nous dit pas que dans l'un des deux il y a justement telle ou telle quantité de parties solides , ce qui nous feroit connoître évidemment de combien il est poreux. Le vrai moyen d'en être instruit, feroit d'avoir une matière de comparaison qui fût toute solide , en qui la grandeur & le poids fussent absolument synonymes : car en comparant une portion de cette matière avec un pareil volume d'une autre matière ; si celle-ci pesoit moitié moins , par exemple , on auroit raison de conclurre , non-seulement qu'elle est une fois moins solide , comme nous faisons d'ordinaire ; mais on sçauroit de plus la juste valeur de ce *moins*, & l'on regarderoit comme certain, que la porosité de cette matière comparée seroit égale à sa solidité ; puisque la pesanteur , attribut qu'on peut regarder comme inséparable des parties matérielles, s'y feroit sentir une

fois moins que dans une semblable étendue qu'on suppose toute matière.

II.  
LEÇON.

Mais un corps de cette espèce ne sera jamais qu'une supposition qu'on ne peut pas réaliser ; nous ne connoissons rien de semblable dans la nature. L'or est de tous les êtres matériels que nous connoissons , celui qui est le plus compact , & qui renferme le plus de matière sous un volume déterminé ; il n'y a point de matière connue , dont un pouce cube pese autant qu'un pouce cube d'or. Cependant ce métal est poreux , puisqu'en un moment le mercure s'y introduit , & que l'eau régale dont on se sert pour le dissoudre , agit de surface en surface jusques à la dernière.

Plusieurs Physiciens \* même ont porté leurs conjectures jusques à croire qu'il pouvoit y avoir dans l'or autant de vuide que de plein. Quelle idée aurons-nous donc de la porosité des autres corps ? de l'eau commune, par exemple , qui pese environ dix-neuf fois moins que l'or ; ou de l'air qui est 800 fois moins solide que l'eau.

Une matière n'est pas toujours plus poreuse qu'une autre par cette

\* Newton  
*Traité d'Optique*, liv. 2.  
part. 3. propos.  
8.

---

**II.  
LEÇON.**

seule raison qu'elle a des pores plus ouverts ; le nombre compense souvent, ou surpasse même dans l'une ce que fait la grandeur dans l'autre. Un bouchon de liège , quelque comprimé qu'il soit dans le col d'une bouteille , ne devient jamais aussi compact qu'un morceau de bois de quelque autre espèce : jamais son volume diminué par compression ne le rend aussi pesant que le chêne , par exemple ; sa porosité est donc toujours plus grande ; cependant ni le chêne , ni aucun autre bois semblable ne sera jamais aussi propre que le liège pour arrêter l'évaporation de quelque liqueur renfermée dans un vaisseau : il est donc plus que vrai-semblable que si dans l'un des deux la somme des vuides est plus grande , c'est moins par la grandeur que par le nombre des pores. Quand l'eau régale qui dissout l'or , refuse de pénétrer une masse d'argent , dira-t'on , en conséquence de la légèreté respective de ce dernier métal , qu'il a les pores plus ouverts que le premier ? pourquoi ce qui entre dans celui-ci ne peut-il pas entâmer l'autre, si, comme

On le suppose , ses parties plus distantes les unes des autres , donnent plus de prise au dissolvant ? Ne vaudroit-il pas mieux dire que les petits vuides dans l'argent , ne sont pas tout-à-fait aussi grands que dans l'or , mais qu'ils sont beaucoup plus nombreux ?

II.  
LEÇON.

Jusques ici l'explication ne va point mal. Mais si l'on répond que l'eau forte ordinaire , qui divise l'argent & la plupart des autres métaux, ne donne aucune atteinte à l'or ; il faut avouer que la grandeur respective des pores devient une raison bien foible : car pourquoi ce qui peut s'introduire dans une moindre ouverture , n'en peut-il pas pénétrer une plus grande ? Est-ce qu'il faudroit une juste proportion entre les petites pointes du dissolvant, & les pores de la matière dissoluble ? ou bien , faudra-t'il pour étayer cette explication , joindre la figure à la grandeur ?

On ne peut douter qu'une matière ne diffère d'une autre par la configuration de ses parties insensibles ; & de ce qu'elles sont différemment figurées en différens corps , il s'ensuit que les pores dans les uns & dans les

---

 II.  
LEÇON.

autres doivent prendre différentes formes. A l'aide de ce principe qui est incontestable , on conçoit aisément qu'une particule solide pour se placer dans un de ces petits vuides , ou pour passer de l'un à l'autre , doit avoir non - seulement une grandeur proportionnée , mais aussi une figure convenable ; & que l'une de ces deux conditions venant à manquer , l'autre peut fort bien ne pas suffire. C'est ici le cas où l'on est obligé de reconnoître , qu'avec des principes certains & avoués d'ailleurs , on demeure encore en doute sur les explications , quand on n'applique ces principes que par conjectures, & que l'expérience ne dit pas si l'on a bien deviné.

Au reste , quoique nous ignorions si c'est une proportion de grandeur , ou de figure , ou l'une & l'autre ensemble, qui font agir un dissolvant sur une matière préféablement à une autre , le fait n'en est pas moins connu , & depuis long-tems les Arts en ont fait leur profit.

Le Graveur en taille-douce prend une planche de cuivre mince & bien polie , il l'enduit légèrement d'une espèce

espèce de cire préparée qu'il noircit à la fumée d'un flambeau ; il dessine ensuite sur cette surface enduite, avec une pointe d'acier qui découvre le cuivre par autant de traits que son dessein en exige , il borde sa planche avec un cordon de cire amollie , il la pose horizontalement , & il la couvre de 3. ou 4. lignes d'eau - forte affoiblie avec de l'eau commune au tiers ou à moitié. En peu de tems le cuivre découvert par la pointe d'acier , cède à l'action du dissolvant , & se creuse plus ou moins , selon les vûes de l'artiste qui règle la durée de l'opération , pendant que la cire ( qui ne se dissout point dans l'eau-forte ) conserve le reste de la surface en son entier. C'est ainsi qu'on prépare une feuille de métal pour multiplier 3000 ou 4000 fois la même estampe , en la faisant passer successivement par la presse sur autant de feuilles de papier.

Le marbre est impénétrable à l'eau & à quantité d'autres liqueurs ; mais il ne l'est pas pour l'esprit de vin , pour l'esprit de térébenthine , pour la cire fondue ; ces exceptions ont été saisies par des personnes ingénieuses



I I.  
LEÇON.

\* *Mem. de*  
*l'Acad. 1728.*  
*p. 50.*

comme autant de moyens pour introduire dans l'intérieur du marbre des couleurs étrangères , & pour imiter avec celui qui est blanc les autres espèces qui sont naturellement colorées. Feu M. Dufay , qui s'étoit beaucoup exercé à teindre des pierres dures , & qui a fait part à l'Académie des sciences de ses découvertes en ce genre , \* me fit voir plusieurs fois des tables de marbre artificiellement teintes , bien imitées , & si fortement pénétrées , qu'elles avoient été polies depuis sans rien perdre de leurs couleurs.

Les vernis dont on fait maintenant tant d'usage , ne sont autre chose que des gommés de différentes espèces que l'on liquefie par le moyen de quelque dissolvant. Telle s'étend dans l'esprit de vin , qui reste entière dans les huiles qu'on employe avec succès pour fondre les autres ; tout l'art consiste à connoître dans quelle matière chacune est dissoluble , & ce choix ne devient sans doute nécessaire que par la différence qu'il y a entre la porosité des unes & celle des autres.

## II. SECTION.

*De la Compressibilité , & de  
l'Elasticité des Corps.*

TOUT ce que nous avons dit de la porosité, a déjà dû faire connoître que la grandeur apparente d'un corps quelconque, excède toujours la quantité réelle de sa matière propre; & cet excès varie peut-être autant que les espèces qui composent l'univers; car on rencontre rarement deux matières qui, à volumes égaux, pèsent également.

C'est ce rapport du volume à la masse qu'on nomme *densité* : un corps est plus dense qu'un autre, quand la quantité réelle de sa matière diffère moins de sa grandeur apparente ; ou ( ce qui est la même chose ) quand sous une grandeur donnée, il contient plus de parties solides. Le plomb est donc plus dense que le cuivre , l'air est moins dense que l'eau.

Mais le même corps peut changer

---

 II.  
LEÇON.

de densité; c'est-à-dire, que sa masse restant la même, son volume peut varier, soit en augmentant, soit en diminuant. Quand un corps devient plus dense, c'est que ses parties solides se rassemblent dans un plus petit espace; & cela peut se faire de deux manières, ou lorsqu'on supprime une cause interne qui les tenoit plus écartées, ou quand on applique extérieurement une force qui les oblige à se rapprocher mutuellement. On peut distinguer l'une de l'autre, ces deux manières de diminuer le volume d'un corps, en appelant la première *condensation*, l'autre, *compression*; (quoique, à dire vrai, ce soit toujours condenser une matière que d'occasionner la diminution de son volume de quelque façon que ce soit;) ainsi serrer de la neige dans les mains pour en faire une pelotte, c'est la comprimer; faire refroidir une liqueur, ou diminuer la chaleur qui dilate ses parties, c'est la condenser.

Nous ne connoissons aucun corps dans la nature (en faisant abstraction des parties élémentaires, ou atômes, s'il y en a) dont le volume ne puisse

être diminué de l'une de ces deux manières au moins, & assez souvent de l'une & de l'autre façon. Quelque dure que puisse être une matière, elle ne l'est jamais parfaitement; ses molécules sont toujours plus ou moins dilatées, soit par un mouvement interne qui peut être ralenti, soit par l'action d'un fluide étranger qui la pénètre, & qu'on peut vaincre par une puissance extérieure. Une barre de fer, par exemple, qui a été chauffée jusqu'à rougir, devient ensuite plus menuë & plus dure, à mesure qu'elle se refroidit; parce que ses parties se rapprochent peu à peu, en perdant le mouvement violent qu'elles avoient acquis dans le feu. Une éponge mouillée & dilatée par l'eau qu'elle contient, se place dans une espace beaucoup moindre, quand on exprime le fluide qui remplit ses pores. Une boule de marbre ou de verre, un diamant même, jettés sur quelque chose d'aussi dur, rejaillissent à l'instant; & nous ferons voir bien-tôt que le mouvement de réflexion est une preuve de la compressibilité du corps réfléchi.

---

 II.  
LEÇON.

Tous les corps généralement dans tel état qu'ils se présentent , solides , fluides , ou liquides , sont susceptibles de condensation. Un morceau de marbre , & sur-tout s'il est noir , se trouve sensiblement plus petit , quand il a séjourné quelque-tems dans un lieu beaucoup plus froid que celui où il étoit , lorsqu'on l'a mesuré d'abord. Une vessie ou un ballon rempli d'air pendant l'été , devient flasque pendant l'hiver ; & la liqueur du thermomètre ne descend vers la boule , que quand son volume ne suffit plus pour remplir la partie du tube , qu'elle occupoit dans un tems plus chaud : mais nous remettons à parler plus amplement de la manière dont les corps se condensent , en traitant du feu & de la chaleur qui les raréfient ,

Quant à la compression , on ne peut pas dire qu'elle convienne aussi généralement à la matière considérée dans tous ses états : tous les corps solides sont compressibles ; & jusqu'ici l'expérience n'en a fait excepter aucuns ; l'air se comprime considérablement , & produit par cette propriété des effets surprenans , que nous

rapporterons dans leur lieu. D'autres fluides , comme la fumée , la flamme, &c. n'ont point encore été éprouvés dans cette vûë ; fans doute parce qu'il feroit très-difficile , & probablement impossible de les appliquer seuls à des expériences de cette espèce : mais pour les liqueurs , elles n'ont jamais donné directement aucun signe de compressibilité , quelque chose qu'on ait fait ; & il semble que l'on a fait d'abord tout ce que l'on peut faire : l'expérience de l'Académie *del cimento* , est aussi ingénieuse que le résultat devoit être peu attendu ; & l'on ne voit pas que depuis qu'on l'a faite , personne ait réussi à faire mieux ; M. Newton \* la rapporte comme une chose fort curieuse ; & comme s'il eût appréhendé qu'un fait aussi surprenant ne fût révoqué en doute, il assure qu'il le tient d'un témoin oculaire ; pour moi , je le cite d'après mes propres yeux , & l'usage que j'en fais dans mes cours , a déjà mis bien du monde à portée de le citer de même : voici le fait.

II.  
LEÇON.

\* *Traité  
d'Opt. liv. 2.  
part. 3. prop. 3.*

## II. PREMIERE EXPERIENCE.

LEÇON.

### PREPARATION.

Une boule de métal dont on a mesuré exactement la capacité, assez mince pour être flexible, remplie d'eau entièrement; & bouchée de façon qu'elle ne puisse rien perdre par l'orifice, s'applique à une petite presse qui est représentée par la *Fig. 5.*

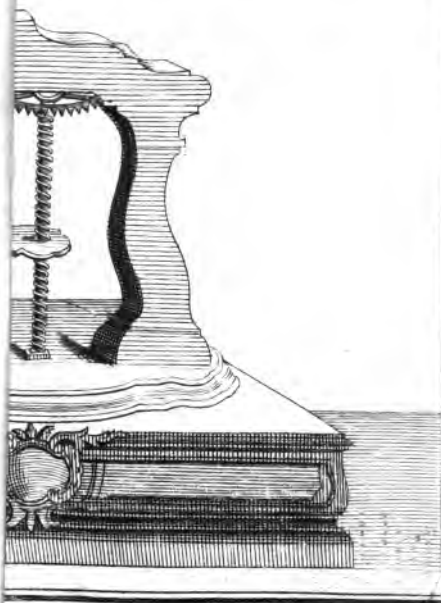
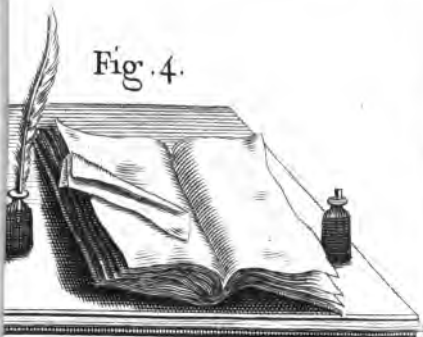
### EFFETS.

Quand on fait agir la presse, la boule de métal comprimée, s'applatit un peu; & si l'on continue de presser, l'eau se fait jour à travers des pores, & paroît sur la surface en petites gouttes semblables à celles de la rosée.

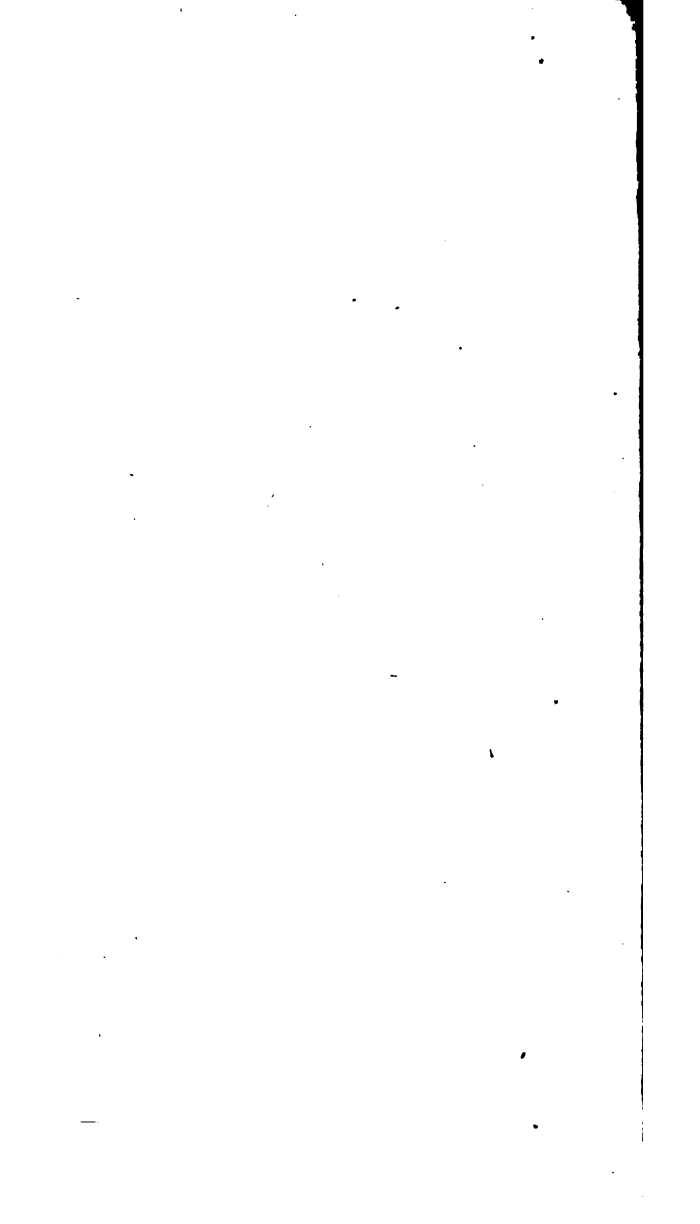
### EXPLICATIONS.

C'est une chose démontrée, qu'une capacité sphérique, à surfaces égales, contient plus de matière que toute autre: il s'ensuit qu'un vaisseau qui a cette figure, & qui est plein, ne peut pas la perdre qu'il n'arrive de ces deux choses l'une; ou qu'il  
augmente

Fig. 4.







augmente de surface, pour conserver la même capacité, ou que ce qu'il renferme, se condense en diminuant de volume. Quand l'eau commence à passer à travers le métal, la boule se trouve un peu aplatie; mais en mesurant sa capacité, on la trouve la même qu'elle étoit avant l'expérience: il faut donc convenir que cet aplatissement n'est dû qu'à la ductilité du métal; & que le volume de l'eau n'a point été sensiblement diminué sous la presse.

Boyle, le Baron de Verulam, & quelques autres Physiciens qui ont essayé de comprimer l'eau dans des boîtes de métal, ont cru voir des marques de sa compressibilité; mais il y a toute apparence que ce qu'ils ont apperçû, devoit être attribué à la flexibilité ou au ressort du métal, ou bien à celui de quelques bulles d'air renfermées avec l'eau dans la même boîte.

## II. EXPERIENCE.

### PREPARATION.

*ABCD*, Fig. 6. est un tube de  
Tome I, L

II.  
LEÇON.

verre fort épais , qui a 3 lignes de diamètre intérieurement, 7 pieds de hauteur , & qui est recourbé en forme de sciphon; on y verse d'abord un peu de mercure qui remplit la courbure , & qui se met de niveau en  $BC$  ; on emplit la partie  $CD$  avec de l'eau; on bouche exactement & solidement le tuyau en  $D$ , & l'on verse ensuite du mercure dans la branche  $AB$ , jusqu'à ce qu'elle soit entièrement pleine.

## E F F E T S.

La colonne d'eau qui est entre  $CD$ , oppose tant de résistance à la pression du mercure , qu'elle ne diminue pas sensiblement de volume.

## E X P L I C A T I O N S.

Nous ferons voir en traitant de l'Hydrostatique , que la pression qu'exerce le mercure contre l'eau en  $C$ , est égale au poids de la colonne contenue dans la partie  $AB$  du tuyau. Or cette colonne de mercure qui a environ 6 pieds 10 pouces de hauteur égale trois fois le poids de l'atmosphère , ce qui fait une force très-grande ; & puisqu'elle ne suffit pas

pour condenser sensiblement le volume d'eau contre lequel elle agit , c'est une marque que les parties des liquides sont fort dures , & que les matières qui sont en cet état sont bien peu flexibles.

APPLICATIONS.

Quoique dans les expériences que nous venons de rapporter , l'eau ne laisse appercevoir aucun signe de condensation ; on n'en doit pas conclurre que les liqueurs soient absolument incompressibles , mais seulement qu'elles sont capables de résister aux efforts qu'on a employés jusqu'ici contre elles. Tout nous porte à croire qu'elles céderoient enfin d'une manière sensible , s'il étoit possible de les soumettre à de plus grandes pressions , & qu'elles cèdent même à celles qu'on employe , mais d'une quantité trop petite pour être apperçûë. Tous les corps solides se compriment , parce qu'étant poreux , leurs parties peuvent se rapprocher ; mais qu'est-ce qu'une liqueur , sinon un assemblage de petits corps solides que nous ne pouvons pas regarder comme des

---

 II.  
LEÇON.

êtres simples, mais plutôt comme des petites masses composées de parties qui ne sont pas si étroitement unies, qu'elles ne laissent de petits vuides entre elles. Si la porosité rend les grands corps susceptibles de condensation, la même cause ne doit-elle pas avoir le même effet dans les plus petits ? Tout ce qu'on peut dire, c'est que la compressibilité doit diminuer, comme la grandeur des corps ; c'est-à-dire, que les plus petits sont les moins flexibles ; que les parties d'une liqueur par conséquent à cause de leur extrême petitesse, sont à l'épreuve des plus grandes forces : mais il suit du même principe, qu'il n'y a d'absolument incompressible, que ce qui est absolument simple ; tels que seroient des atômes, ou les parties primordiales des corps, sur lesquelles nos épreuves n'ont point de prise.

Il est avantageux pour nous, que tout ce qui est liquide puisse résister à des pressions qui rapprochent & qui broient les autres corps ; tout ce que nous tirons des végétaux par expression, le vin, le cidre, les huiles, &c. ne se sépareroient jamais des

parties solides qui les renferment, si les liquides pouvoient se comprimer comme elles; les fruits soumis à la presse ne feroient qu'y changer de volume; la facilité que nous avons à extraire les sucres que la nature y a préparés pour nos usages, est presque toute fondée sur la résistance que les liquides opposent à la compression.

On ne peut s'empêcher d'être surpris, quand on considère que le même corps est compressible, ou ne l'est pas, selon qu'un degré plus ou moins de chaleur change son état: un morceau de glace donne des marques de compression; qu'il se réduise en eau, c'est toujours la même matière, mais elle ne se comprime plus: la cire, le soufre, le métal, &c. font voir la même chose, quand on les fait passer de l'état de solidité à celui de liquidité. Ce phénomène est intéressant, & mérite bien une explication: malheureusement nous n'avons à offrir qu'une conjecture, mais pourtant une conjecture appuyée sur des principes connus, & qui la rendent probable.

On peut dire que l'état naturel de

---

 II.  
LEÇON.

presque tous les corps , est d'être solides ; quand ils sont liquides , c'est parce qu'une matière étrangère les rend tels en pénétrant dans leur intérieur , & en donnant par sa quantité ou par son action à leurs parties une mobilité respective qui rompt toute liaison , & presque toute adhérence entre elles. C'est ainsi que de la terre abreuvée d'une quantité d'eau suffisante , devient de la bouë qui coule sur un plan incliné ; l'eau elle-même cesse d'être glace , aussi-tôt qu'un fluide plus subtil , & connu sous le nom de *matière du feu* , la pénètre en assez grande quantité , & y porte assez de mouvement pour détacher ses parties les unes des autres.

Si l'on demande maintenant pourquoi les corps solides peuvent se comprimer , & que les liqueurs n'ont pas la même propriété ; ne peut-on pas répondre avec vraisemblance , que dans les premiers les parties portent , pour ainsi dire à faux , ou ne sont appuyées que sur un fluide sans action , qui cède au moindre choc ; au lieu que dans les liqueurs les molécules plus divisées , & par cette raison déjà

moins flexibles , sont appuyées sur un fluide assez abondant , & dont les parties sont d'autant plus dures qu'elles sont plus simples. Si l'on avoit mis dans un vase une certaine quantité de globules d'acier ou de quelque autre matière équivalente pour la dureté , elles ne céderoient point sensiblement à la compression , soit qu'elles fussent seules , pourvû qu'elles se touchassent ; soit qu'elles fussent mêlées avec d'autres plus petites qui les empêchassent de se toucher , pourvû que ces dernières fussent elles-mêmes inflexibles. *Fig. 8.*

### III. EXPERIENCE.

#### PREPARATION.

Sur une tablette de marbre noir bien unie , & enduite d'une très-légère couche d'huile , on laisse tomber plusieurs fois & en différens endroits de la hauteur de 2 ou 3 pieds une petite boule d'yvoire , qui peut avoir environ trois quarts de pouces de diamètre. *Fig. 7.*



## II.

## LEÇON.

## EFFETS.

En regardant obliquement la tablette de marbre , on apperçoit partout où la boule d'yvoire a touché , une tache ronde qui a environ deux lignes de diamètre ; & cette tache est plus grande aux endroits où la boule est tombée de plus haut.

## EXPLICATIONS.

L'yvoire , quoique très-ferme , est une matière compressible ; quand il tombe sur le marbre , le mouvement de sa pesanteur qui l'y pousse , occasionne une pression qui porte une partie plus ou moins grande de cette petite sphère vers son centre ; & comme ces parties comprimées sont de nature à se rétablir dans un instant , il ne reste aucune marque de cette compression sur la boule ; mais la tache qui paroît sur le marbre , est une preuve incontestable de cet aplatissement qui a disparu ; si l'on n'aime mieux dire que le marbre s'est enfoncé & remis aussi-tôt , ce qui prouve également la compressibilité d'un corps très-dur : l'un & l'autre arrive

probablement, la même compression creuse le marbre, & applatit la boule; mais de ces deux effets, le dernier est sans doute le plus considérable, à en juger par la nature des deux corps comprimés; c'est pourquoi nous nous arrêtons par préférence au dernier; & ce que nous allons dire pour faire entendre que la tache ronde prouve incontestablement l'applatissement de la boule, en faisant abstraction de la flexibilité du marbre, obligeroit de même à conclure un enfoncement dans le marbre, si l'on n'avoit aucun égard à la compressibilité de l'ivoire.

II.  
LEÇON.

On sçait en effet que la circonférence d'un cercle appliquée par sa partie convexe sur une ligne droite, ne la touche qu'en un point *G. Fig. 9.* On sçait aussi que les surfaces sphériques sont composées de lignes circulaires; comme les plans le sont de lignes droites, & que les surfaces se comportent entre elles à cet égard, comme les lignes qui les composent. Si le cercle ne touche la ligne droite qu'en un point, la boule d'ivoire de notre expérience, posée simplement

I.  
LEÇON.

sur la tablette de marbre, ne doit la toucher aussi qu'en un point. Quand on l'a laissé tomber dessus, s'il paroît qu'elle y ait été appliquée par une surface circulaire de deux lignes de diamètre; il faudra nécessairement convenir que le premier point de tangence *g*, *Fig. 9.* a été rapproché du centre, par l'effort de la compression, & qu'après lui ceux d'alentour ont souffert le même déplacement; ce qui a donné lieu à une portion sensible de la surface, d'être appliquée au marbre, & d'y laisser son impression sur la couche légère d'huile dont il est enduit.

## APPLICATIONS.

Si l'on comprime un corps également dans toute l'étendue de sa surface, au cas qu'il soit compressible; il ne s'en peut suivre qu'une diminution de volume; parce que tous les points opposés obéissent à des puissances égales, & leurs situations respectives restent les mêmes. Tel est l'état des animaux qui vivent dans l'air ou dans l'eau; environnés de toutes parts de l'un de ces deux fluides, ils n'en remarquent point la pression, quoiqu'ils

le soit considérable ; parce qu'elle se fait équilibre à elle-même , & qu'elle ne dérange rien de ce qui lui est soumis ; mais si la compression devient plus forte d'un côté que de l'autre, son effet ne se borne plus à diminuer le volume ; la figure change aussi , comme il est aisé de l'appercevoir dans une balle de plomb qui tombe sur quelque chose de dur , & qui y perd une partie de sa sphéricité ; ou dans une balle de jeu de paume qui laisse souvent contre la muraille , des vestiges bien remarquables de son aplatissement.

*De l'Elasticité ou ressort des Corps.*

De tous les corps qui se compriment , les uns demeurent dans l'état que la compression leur a fait prendre ; c'est-à-dire , qu'ayant changé ou de grandeur , ou de figure , ils persévèrent dans ce changement , lorsque la compression vient à cesser ; comme la balle de plomb qui reste aplatie après sa chute , & la pelote de neige qui demeure dans la forme qu'on lui a donnée avec les deux mains. Les autres au contraire se rétablissent , &

II.  
LEÇON.

reprennent , après avoir été comprimés, les mêmes dimensions & la même figure qu'ils avoient avant que de l'être. Telle est la boule d'ivoire de l'expérience précédente ; telle est une bulle d'air qui partant du fond d'un vase plein d'eau devient plus grosse à mesure qu'elle s'élève vers la surface.

Les corps de la dernière espèce se nomment des corps à ressort , ou *Elastiques* ; car l'*Elasticité* n'est autre chose que l'effort par lequel certains corps comprimés tendent à se rétablir dans leur premier état. Cette propriété suppose donc qu'ils sont compressibles ; & comme les liqueurs ne le sont pas d'une manière sensible , on doit conclure que si elles ont du ressort , leur réaction a trop peu d'étendue pour être visible.

Tous les corps même qui sont élastiques , ne le sont pas au même degré , il y en a tels qui ne se rétablissent presque point ; & alors l'élasticité est regardée comme nulle dans l'usage ; & l'on appelle ces sortes de corps *mols* ce qui veut dire seulement une privation de ressort assez actif pour être considéré.

Ceux en qui la force élastique se fait appercevoir , réagissent plus ou moins selon la dureté , la roideur , ou la disposition de leurs parties internes ; mais il n'en est aucun dont on puisse assurer avec des preuves positives , que le ressort est parfait & inaltérable ; on remarque presque toujours que cette qualité se perd ; ou s'affoiblit par un long exercice , ou par une compression de trop longue durée : un arc qui est trop long-tems ou trop souvent tendu , garde enfin la courbure qu'on lui a fait prendre : le crin , la laine , ou la plume dont on garnit les meubles , perdent par succession de tems presque tout ce qu'ils offrent de commode dans la nouveauté , & leur affaïssement n'est que la suite nécessaire d'un ressort usé.

Nous ne pouvons donc point nous promettre des expériences rigoureusement exactes pour établir la théorie du ressort ; puisque les corps qui en ont le plus , n'en ont point encore autant qu'il leur en faudroit pour être parfaitement élastiques. De plus, on ne peut opérer que dans quelque milieu matériel ; quand on choisiroit l'air

II.  
LEÇON.

comme celui qui l'est le moins ; nous avons déjà fait voir qu'il est capable de résistance , & l'on doit s'attendre qu'il fera disparaître une partie de l'effet , si petite qu'elle soit : mais les à-peu-près suffisent , quand il ne manque presque rien à l'exactitude , & qu'on est obligé de rabattre quelque chose pour les empêchemens inévitables. L'acier trempé & l'yvoire m'ont paru assez propres aux effets par lesquels on peut prouver ce qu'il importe le plus de sçavoir touchant l'élasticité : c'est pourquoi je m'en servirai préférentiellement à toute autre matière dans les expériences de ce genre ; mais comme celles dont j'ai fait choix , exigent quelques connoissances des principales propriétés du mouvement , dont nous n'avons encore rien dit , j'ai crû qu'il étoit à propos de les différer , d'autant plus qu'elles trouveront une place convenable parmi celles que nous employerons pour faire connoître les loix du mouvement dans le choc des corps.

Les arts ont appliqué les ressorts à tant d'usages , que ce seroit une longue & inutile entreprise d'en faire ici

l'énumération ; il nous suffira d'en citer deux ou trois exemples par lesquels on pourra juger de l'utilité des autres.

II.  
LEÇON.

S'il est utile & commode de voyager à son aise , on doit presque tout cet avantage aux lames d'acier , aux bandes de cuir & aux autres corps élastiques sur lesquels on suspend les voitures : sans cette précaution , la plus belle chaise de poste, le carrosse le plus somptueux , ne seroit qu'un tombereau couvert & orné , dans lequel on seroit durement secoué ; car si tout ce qui compose la voiture , étoit également inflexible, les divers mouvemens causés & brusquement interrompus par les inégalités du terrain , se communiqueroient dans toute leur force jusques aux personnes qui en occuperoient l'intérieur.

La mesure du tems est une chose si intéressante pour tout le monde, qu'il est peu de personnes qui n'aient une pendule ou une montre , & qui ne la regardent comme un meuble nécessaire ; ces sortes d'instrumens qu'on doit considérer comme des chefs-d'œuvre de l'art , sont animés par un



---

 II.  
LEÇON.

ressort, (*Fig. 10*) formé d'une lame d'acier roulée sur elle-même dans un barillet qu'elle fait tourner en se développant, & dont le mouvement se communique par des rouës dentées, jusques aux pivots qui portent les aiguilles pour leur faire indiquer les heures & les minutes sur un cadran divisé à cette intention. Nous dirons ailleurs comment on est parvenu à rendre l'action du ressort presque égale pendant tout le tems qu'il se développe ; car une difficulté qui se présente d'abord, c'est que cette action diminuant toujours à proportion que le ressort se détend, le mouvement doit aussi se ralentir dans toutes les pièces qu'il anime, & les aiguilles doivent faire les heures & les minutes plus longues vers la fin qu'au commencement. Il a donc fallu trouver un remède à cet inconvénient & l'on en est venu à bout par une invention fort ingénieuse, dont nous aurons occasion de parler en traitant de la théorie du levier & des machines qui y ont rapport.

De quels secours ne sont point les ressorts dans l'Arquebuserie ? par quel autre moyen auroit-on pû opérer des mouvemens

Fig. 10.



Fig. 9.

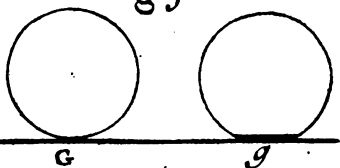
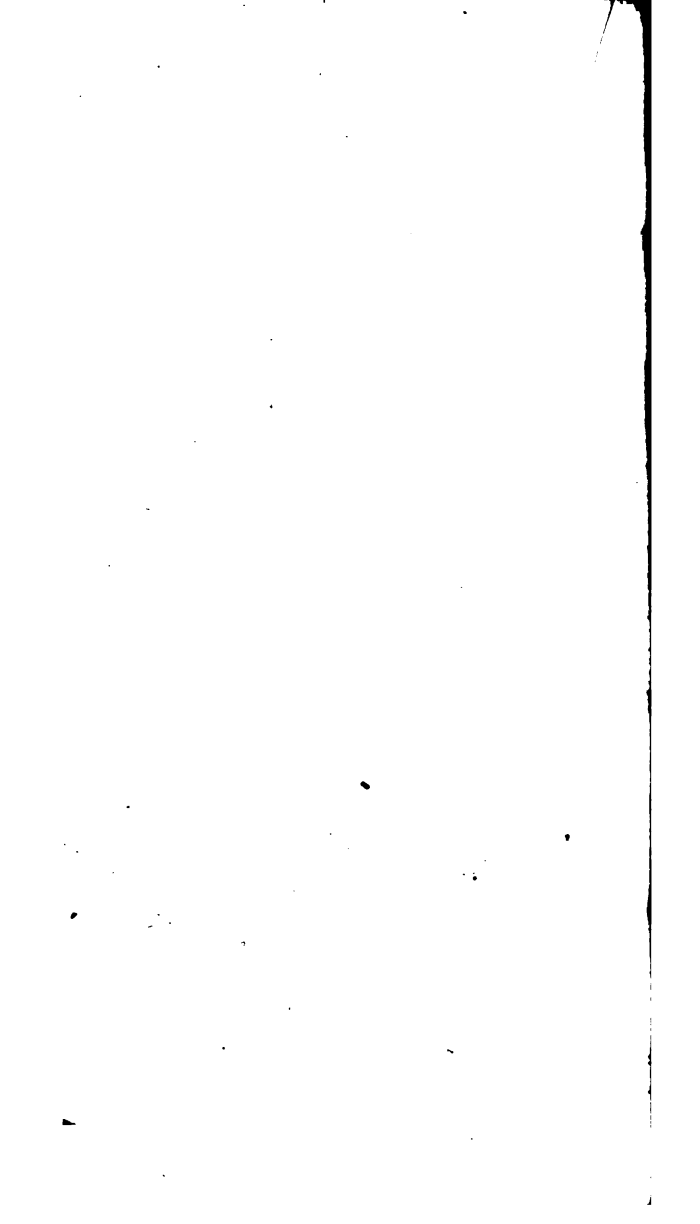


Fig. 8.





mouvemens aussi prompts, & aussi difficiles à être apperçus par un oiseau ou par un quadrupède que la nature a mis en garde contre tout ce qui menace sa vie, & qui oppose aux ruses & à l'adresse du Chasseur le mieux exercé, des organes d'un sentiment exquis, & une agilité qui trompe souvent ses poursuites. Le chien d'un fusil conduit par un ressort, porte en un clin d'œil un caillou tranchant contre une petite pièce d'acier trempé; le feu prend à la poudre, & le plomb qu'elle chasse, frappe l'animal avant qu'il ait été averti par la flamme ou par le bruit, ou du moins avant qu'il ait pu profiter de cet avis.

Non-seulement les arts ont profité de l'élasticité des corps, & en ont fait des applications heureuses; ils ont encore trouvé des moyens pour la faire naître ou pour l'augmenter dans ceux qui n'en ont que peu ou point.

Tous les corps sonores, comme nous le dirons plus amplement à la suite des expériences sur l'air, doivent être à ressort; c'est pour cette raison qu'on fait les cloches & les tim-

bres avec du cuivre & de l'étain fondus ensemble ; parce qu'on a remarqué qu'un métal mêlé est plus dur , plus roide , & plus élastique , que les métaux simples dont il est composé.

La plûpart des métaux mêmes sans être alliés, deviennent capables d'une plus grande réaction quand on les bat à froid ; ce que les ouvriers appellent *écrouir*. On s'en apperçoit bien par la vaisselle : quand une cuillier ou une fourchette a été seulement fondue & limée , & qu'elle ne doit rien au marteau, la façon en est moins chere , mais elle est moins durable ; la pièce se fausse au moindre effort , & son poli n'est jamais si beau. Un ouvrier intelligent en horlogerie , en instrumens de Mathématiques ; en orfèvrerie , &c. ne manque jamais à écrouir ses ouvrages , non-seulement pour leur procurer plus de solidité , mais encore pour les faire valoir par un poli plus brillant , en rapprochant les parties , & en rendant les pores du metal plus ferrés.

Mais de tous les corps dont on augmente artificiellement le ressort , il

n'en est point de plus remarquable que le fer converti en acier ; & parmi les différens procédés qu'on emploie à cet effet sur ce métal , rien n'est comparable à la *trempe*.

Il faut sçavoir 1<sup>o</sup>. que l'acier n'est point un métal particulier ; on doit le regarder comme un fer préparé , quoiqu'il se trouve des mines qui en fournissent immédiatement : le plus ordinaire & le plus fin , est celui qu'on fait avec du fer forgé , en y introduisant une certaine dose de parties salines & sulfureuses qui augmentent sa dureté , & qui le rendent propre à être trempé. 2<sup>o</sup>. Tremper l'acier , c'est le refroidir subitement dans le moment qu'on le sort bien rouge du feu ; & cela se fait d'ordinaire en le plongeant dans de l'eau froide , ou dans quelque chose d'équivalent.

Les principaux effets de la trempe sur l'acier , ceux dont les arts tirent le plus d'avantage, sont de le rendre très-dur , d'augmenter son élasticité, & de la rendre durable. Tous les outils tranchans, jusqu'à ceux qu'on emploie pour cultiver la terre , en un mot depuis la lancette jusqu'à la bé-

II.  
LEÇON.

che , tous sont redevables de leur principal mérite à cette dureté qui coûte si peu , & qui seroit désavantageuse par excès , si l'on n'avoit soin de la modérer par un degré de chaleur qu'on fait succéder à la trempe , & qu'on nomme *recuit*.

Les effets admirables de la trempe sur l'acier , ont intéressé avec raison la curiosité des plus habiles Physiciens ; tous ont désiré d'en sçavoir les causes , & quelques-uns en ont hasardé des explications ; mais on doit convenir que personne n'en a donné d'aussi vrai-semblables , & d'aussi bien appuyées , que M. de Reaumur. Après une suite d'expériences de plusieurs années sur cette matière , il suppose que l'action du feu chasse de l'intérieur des molécules de l'acier une grande partie des sels & des soufres qui s'y trouvent disséminés , sans pour cela les faire sortir de la masse totale : supposition fondée sur les effets ordinaires & connus du feu , & sur l'expérience ; car on sçait d'ailleurs que dans la fusion des matières hétérogènes & fixes , le feu procure toujours l'union

des parties semblables ; & quand son action augmente jusqu'à un certain point sur l'acier , elle le dépouille de ses soufres & de ses sels ; ce que les ouvriers appellent *brûler*. La trempe saisit donc l'acier dans un tems où ses principes , quoique les mêmes , se trouvent différemment mêlés ; avant que de le chauffer, les parties salines, sulfureuses , métalliques , &c. extrêmement divisées & intimement mêlées , composoient un tout d'une tiffure plus uniforme , mais cependant plus hétérogène dans ses molécules , puisque chacune participoit également des trois ou quatre sortes de matières qui entrent dans la composition de l'acier ; mais après un degré de feu suffisant , les sels & les soufres extraits & pelotonnés , pour ainsi dire , à part du métallique , font un tout plus homogène dans ses molécules , mais plus poreux & moins lié , quant à l'assemblage de ces petits pelotons de différentes espèces. Cette hypothèse ( si c'en est une ) explique fort heureusement tous les phénomènes qui résultent de la trempe.

1°. L'acier cassé paroît d'un grain



---

 II.  
LEÇON.

plus grossier après avoir été trempé ; parce que les parties métalliques qui sont les plus apparentes par leur couleur , sont ramassées en petites masses plus écartées les unes des autres.

2<sup>e</sup>. La trempe donne plus de volume à l'acier qu'il n'en avoit avant ? & cela doit être , puisqu'elle le fixe dans un état où le mélange & l'union de ses principes est moindre.

3<sup>e</sup>. L'acier durcit à la trempe , parce que ses molécules se forment de parties plus semblables , & par cette raison plus capables de s'unir.

4<sup>e</sup>. L'acier trempé se casse plutôt que celui qui ne l'est pas , ou qui l'est moins ; c'est que la liaison de ses molécules entre elles est moindre , puisqu'elles sont de matières dissemblables , & qu'elles se touchent par moins de surface.

5<sup>e</sup>. Enfin le recuit rend l'acier trempé moins cassant & plus flexible ; parce qu'un degré de feu modéré , fait renaître en partie le mélange intime des parties dissemblables , & qu'il lui fait prendre un état moyen entre celui d'un acier non trempé , & celui d'une trempe excessive.

Quoique nous ayons des procédés certains pour augmenter, diminuer, anéantir même le ressort de plusieurs corps, nous n'en connoissons pas mieux la cause de l'élasticité en général; tout ce qu'on a imaginé jusqu'à présent pour en rendre raison, ne peut passer tout au plus que pour des conjectures dont les unes sont visiblement démenties par l'expérience, les autres supposent ce qui est en question, d'autres enfin plus ingénieuses que probables, n'ont aucuns faits qui parlent pour elles.

Dire qu'un ressort que l'on tend en le courbant, a les pores plus ouverts en sa partie convexe, cela est vrai; que les pores quoique plus ouverts, ne le sont point assez pour se remplir d'air grossier, & qu'ils en restent vuides, cela paroît encore vraisemblable: mais ajouter, qu'en conséquence de ces petits vuides la pression de l'air qui agit par le côté opposé, est la cause de l'effort qu'on voit faire au corps élastique, pour se remettre dans son premier état: c'est ce que la raison ne dit point; & ce que l'expérience dément formellement;

car l'élasticité dans un lieu privé d'air grossier , fait ses fonctions comme ailleurs.

J'appelle supposer ce qui est en question , que d'attribuer le ressort des corps à l'air qu'ils contiennent entre leurs parties , comme autant de petits ballons qui se trouvent comprimés dans la partie concave d'un bâton que l'on coupe , & qui réagissent jusqu'à ce qu'il soit redressé , car il restera toujours à sçavoir quelle est la cause du ressort de l'air.

Enfin si l'on suppose avec le changement de figure qui se fait dans les pores d'un ressort tendu , l'action d'un fluide qui se trouve par-tout , comme la matière subtile , ou quelque chose de semblable qui agisse par son poids ; on pourra former une explication qui aura quelque vrai-semblance ; mais je doute fort qu'elle soit bien reçue , si elle n'est appuyée sur des faits ; & je ne vois pas qu'il soit facile d'en trouver qui parlent clairement.

Ce que nous avons dit dans la Leçon précédente & dans celle ci , touchant la divisibilité des corps , la subtilité de leurs parties , la variété de leurs

Leurs figures, leur impénétrabilité & leur porosité ; nous engage & nous met à portée d'expliquer en général de quelle manière nous acquérons la connoissance des objets qui nous environnent : car tout ce qui est hors de nous-mêmes nous seroit inconnu, s'il ne faisoit sur nous quelque impression sensible ; & cette impression qui prend tant de formes différentes, nous la devons presque entièrement à la petitesse extrême des parties qui nous touchent, & aux différentes figures qu'elles affectent : tout ce qui est matériel s'adresse à nos sens, & nous jugeons d'après le rapport.

### *Digression sur les Sens.*

ON appelle *Sens* certaines facultés du corps animé, par lesquelles il entre en commerce avec les objets extérieurs ; ce sont autant de moyens que le Créateur a établis pour mettre les animaux en état de se nourrir, de se défendre, de s'entre-aider, & de se reproduire ; car sans les sens, à peine différeroient-ils d'une plante qui végète dans la même place où la na-

II.  
LEÇON, ture l'a fait naître, qui sèche sur pied, quand la nourriture ne lui vient plus, & qui souffre avec une égale insensibilité la bêche qui la cultive, & le fer qui la fait périr.

L'exercice des sens est une fonction purement animale ; elle convient aux bêtes comme à l'homme ; il semble même qu'à cet égard, plusieurs espèces d'entre elles aient été mieux traitées que nous ; quelle finesse dans l'odorat des chiens ? quelle portée de vûe dans les oiseaux de proie !

On distingue communement cinq sortes de sens ; le *toucher*, l'*odorat*, le *goût*, l'*ouïe*, & la *vûe*. Il est peu d'animaux en qui l'on n'en compte autant : il y a peut-être dans la nature des espèces qui ont quelque autre sens que nous ne connoissons pas ; mais il en est de ceci comme de toutes les choses qui ne sont point impossibles, on ne doit pas les admettre sans nécessité & sans preuves. Chaque sens a son siège particulier dans quelque partie du corps, qui à cet égard se nomme son *organe* ; l'oreille est celui de l'ouïe ; l'œil est celui de la vûe.

Quoique tout organe soit sensible, il ne l'est pourtant pas pour toutes sortes d'objets, chacun a son district particulier; l'oreille se dirigeroit en vain vers la lumière, & la vûe la plus perçante n'apperoit pas le son des cloches. Quand bien même l'objet seroit de la compétence de l'organe qu'il affecte, la sensation naturelle n'a lieu qu'autant que l'impression n'est ni trop forte ni trop foible. On ne distingueroit point l'image du soleil, si l'on recevoit immédiatement ses rayons dans les yeux; & peu de personnes pourroient lire une écriture de petit caractère à la clarté des étoiles.

Qu'est-ce donc que *sentir*, ou faire usage de ses sens? De la part du corps animé, c'est recevoir sur tel ou tel organe l'impression modérée d'un objet qui le touche ou par lui-même, ou par quelque matière intermédiaire: de la part de l'ame qui anime le corps, c'est se retracer les idées qu'elle a attachées à ces impressions, ou s'en former de nouvelles, si les impressions sont neuves. Un homme, par exemple, jette la vûe en plein jour

**II.** le corps de cet animal rejaillit jusqu'au spectateur , & frappe dans le fond de son œil une place terminée comme la figure de l'animal qui la réfléchit ; à cette occasion l'ame se rappelle l'idée d'un chien qui lui est familière , & si la mémoire lui fournit l'idée de quelqu'autre chien, elle juge que celui-ci est grand , petit , maigre , gras , &c. par la comparaison qu'elle en fait. De sçavoir maintenant comment l'organe affecté par l'objet détermine l'esprit à penser en conséquence, c'est ce que la Physique n'apprend point , & c'est , je crois , ce qui surpasse la portée de nos foibles lumières ; l'union de l'ame avec le corps , le commerce de ces deux êtres de natures si différentes , est un de ces mystères qu'il est peut-être plus sage d'admirer que d'étudier.

Mais comme un homme voit un chien , un chien voit un homme ; & ses actions , comme les nôtres , semblent se régler sur ce qu'il voit , sur ce qu'il entend , &c. Que se passe-t'il donc dans cet animal , lorsqu'un objet affecte quelqu'un de ses sens ?

C'est encore une de ces questions épineuses , où la curiosité échouë , & sur lesquelles les génies les plus heureux ont épuisé toute leur Philosophie. Selon la doctrine de Descartes , une bête n'est autre chose qu'une belle machine dont toutes les pièces sont si bien assorties, & ordonnées avec une correspondance si parfaite , qu'une d'entre elles étant remuée par l'objet extérieur qui a prise sur elle , détermine immédiatement les autres à se mouvoir de telle ou telle manière ; les nerfs de chaque organe ayant été touchés comme il convient , transmettent aux membres les différens mouvemens d'où résulte telle ou telle action. Cette pensée est grande , elle est hardie , elle est même séduisante , quand on la médite sans préjugé ; mais c'est l'affoiblir que de fonder sa vraisemblance sur des exemples , ou sur des similitudes. Celui de tous les êtres animés qui nous paroît le plus imbécille , une huître , un limaçon est sans comparaison au-dessus de la montre la plus parfaite , & de tout ce que l'art a pû produire de plus ingénieux. Le commun des



**II.  
LEÇON.**

hommes ne consentira jamais à regarder les actions d'un cheval, d'un chien de chasse, &c. comme les effets d'un mécanisme purement matériel ; pour goûter cette Philosophie, il faut être un peu Philosophe.

On aimera mieux croire sans doute, que le corps d'une bête est animé & conduit par un être intelligent qui commence & périt avec lui, & qui est le principe de toutes ces pensées, & de tous ces jugemens dont on croit voir des signes dans les diverses actions des animaux. Ce sentiment qui n'est contraire ni à la raison, ni aux dogmes de la foi, a trouvé & trouve encore aujourd'hui des défenseurs, non-seulement dans le vulgaire qui juge sur les apparences, mais même parmi ceux qui méditent, & qui n'admettent les opinions qu'après les avoir discutées.

Mais il ne faut pas croire qu'en prenant ce parti on se mette au-dessus de toute difficulté. Quand on considère la docilité d'un animal domestique, les ruses & l'adresse de certaines bêtes voraces, le bon ordre & l'industrie qui regnent dans quelques

Les espèces d'Insectes qui vivent & travaillent en société, il est bien commode d'en rendre raison, en disant : *c'est que tous ces animaux sont intelligens ; l'Autour de la Nature les a rendus tels, en renfermant dans leurs corps une ame d'une espèce convenable à leur condition.* Mais cette ame, si elle est immatérielle, comme on le prétend, que devient-elle, lorsqu'un ver ayant été coupé en cinq ou six parties, & même davantage, chaque morceau continuë de vivre & redevient un animal complet, & tout-à-fait semblable à celui qu'on a divisé ? comme on l'a observé depuis peu : \* y avoit-il donc plusieurs ames dans le même individu, ou bien ce qui n'est point matière est-il divisible ? Ne poussons pas plus loin cette question dans un ouvrage où nous nous sommes interdit toute discussion métaphysique ; attachons-nous seulement à ce qui peut être éclairci & prouvé par l'expérience & par les observations. Quant à la matière présente, bornons-nous à faire connoître le mécanisme de nos sensations ; conduisons l'objet extérieur ou son

\* Hist. des Insectes de M. de Reaumur, tom. 6. dans la Préface, p. 54

action jusqu'à la partie du corps destinée à recevoir son impression ; & voyons quelles sont les conditions nécessaires dans l'objet pour être activement sensible , & dans l'organe pour être affecté efficacement.

### *Le Toucher.*

LE premier & le plus général de tous les sens , c'est le *toucher* ; on peut dire que tous les autres ne sont que des espèces dont il est le genre. Quand nous entendons le son de la voix ou de quelque instrument , cette sensation n'est autre chose qu'un ébranlement causé à une certaine partie de l'oreille par le contact de l'air , qui est lui-même agité par le corps sonore. Quand nous voyons quelque objet , c'est que la lumière qui vient de lui à nous , frappe le fond de l'œil. Ainsi , *goûter* , *voir* , *entendre* , *sentir les odeurs* , c'est à proprement parler , être touché en telle ou telle partie du corps par une certaine matière : au lieu que le toucher que nous regardons comme le premier sens , consiste à recevoir sur telle partie sensible du corps que ce puisse

Être, l'impression d'une matière quelconque ; les autres sens ont des organes & des objets qui leur sont propres, celui-ci occupe toute l'habitude du corps animé, & s'étend à tout ce qui est palpable. Il a encore cet avantage sur eux, d'être en même tems actif & passif; non-seulement il nous met en état de juger de ce qui fait impression sur nous; mais encore de ce qui résiste à nos impulsions: nous pouvons appliquer l'organe à l'objet, & c'est par le tact que nous nous assurons le plus souvent de l'état des corps qu'il nous importe de connoître.

II.  
LEÇON.

Les corps que nous touchons ou qui nous touchent, font sur nous des impressions différentes, selon leur grandeur, leur figure, leur consistance, le degré ou l'espèce de leur mouvement, leur température, &c. & l'on a donné à toutes ces différentes manières de toucher des noms qui expriment ou l'action des corps sur nous, ou notre action sur eux, *heurter*, *piquer*, *pincer*, *grater*, *chatouïller*, sont autant d'expressions qui désignent ce que différens corps nous font sen-

**II.**  
**LEÇON.** tir en conséquence de leur masse , de leur forme , ou de leur manière de se mouvoir ; *froid , chaud , dur , mol , sec , mouillé* , dénotent d'ordinaire le sentiment qu'excite en nous une matière que nous tâtons , par l'état actuel des parties qui composent sa masse. Comme les sensations du toucher peuvent varier à l'infini , par la variété même de l'objet , par l'étendue & la disposition de l'organe , & par les différentes manières dont l'un est applicable à l'autre ; il s'en faut bien qu'elles soient toutes caractérisées par des noms propres : ceux que nous venons de rapporter , & plusieurs autres que nous omettons , ne sont , pour ainsi dire , que des termes génériques par lesquels on fait connoître , à l'aide de quelque circonlocution , les différentes espèces qui peuvent s'y rapporter ; on désigne , par exemple , par *chatouillement* , ce que l'on sent dans la gorge lorsqu'une légère âcreté excite la toux ; on dit qu'un remède *pince* , pour faire entendre qu'il laisse des impressions sur les parties qu'il affecte.

Quoique l'objet du toucher soit

pour l'ordinaire hors de nous-mêmes, les différentes parties du même corps ne laissent pas que d'agir réciproquement les unes sur les autres, tant au-dehors qu'au-dedans. Quand la main touche le pied, elle fait naître deux sensations : elle est en même tems l'objet de l'une, & l'organe de l'autre. Pour ce qui se passe à l'intérieur & sans interruption, l'habitude nous en dérobe le sentiment ; l'action des fluides sur les solides, par exemple, ne devient sensible que quand elle apporte quelque changement à l'état naturel ; & alors nous éprouvons ce qu'on nomme *langueur*, *foiblesse*, ou *douleur*.

On peut dire en général que les nerfs sont dans chaque organe, la partie la plus essentielle, celle où l'action de l'objet se termine, & après laquelle nous n'appercevons plus rien de mécanique : le fond de l'œil où s'accomplit la vision, n'est qu'une expansion du nerf optique ; la lame spirale du *limacon*, qu'on regarde comme la pièce qui a le plus de part aux fonctions de l'oreille, est un composé de fibres nerveuses ; & l'organe

II.  
LEÇON.

\* M. le  
Cat, Traité  
des Sens,  
p. 207.

du toucher se trouve dans toute l'étendue de la peau, & sur-tout à la surface extérieure, où l'on sçait qu'aboutissent tous les petits nerfs qui forment la plus grande partie de ce tissu. Ce sont ces petits mammelons dont l'arrangement forme des sillons vers l'extrémité des doigts, où le tact est ordinairement plus fin qu'ailleurs. Un habile Anatomiste \* a donné depuis peu une description très-concise & très-intelligible de la peau, dans un ouvrage écrit *ex professo* sur les sens, & dont je crois la lecture très-utile à ceux qui voudront sur la matière présente des instructions plus détaillées que celles qui peuvent être placées ici.

Ce qui prouve incontestablement que les nerfs ont plus de part au toucher qu'aucune autre partie, c'est que ce sens exerce ses fonctions plus ou moins parfaitement, selon l'état actuel de ces petites houpes nerveuses qu'on apperçoit à la superficie de la peau, & qui ne sont couvertes que par l'épiderme : *Fig. 11.* qu'une brûlure les dessèche, qu'une matière étrangère les couvre, qu'un trop grand froid les

contracte , ou les empêche de s'épanouir ; la partie où ils sont , perd le sentiment, & ne le reprend que quand ces accidens cessent. Les maladies des nerfs qui ne vont pas jusqu'à détruire leur économie , sont aussi les plus aiguës , parce qu'elles attaquent immédiatement l'organe des sensations ; l'engourdissement & la paralysie qui suspendent ou qui arrêtent leurs fonctions , causent pour l'ordinaire l'insensibilité.

Des accidens , des maladies , la vieillesse nous privent souvent des autres sens. On voit assez fréquemment des aveugles ; des sourds , des gens même en qui le goût & l'odorat sont presque entièrement usés : mais il est fort rare de trouver un homme universellement insensible ; on en apperçoit bien-tôt la raison , dès que l'on considère par combien d'endroits nous pouvons sentir les objets extérieurs comme résistans , en comparaison des parties organiques qui nous les représentent comme sonores , colorés , favoureux , ou odorans. L'étendue du toucher est donc une ressource que la nature a ménagée à



II.  
LEÇON.

ceux qui par quelque accident ou par vice de conformation , se trouveroient privés des autres facultés. Aussi voyons-nous des aveugles suppléer par le tact à l'usage des yeux ; & quoique le toucher ne soit pas à beaucoup près aussi délicat que les autres sens , lorsqu'il est employé par nécessité , & perfectionné par l'habitude , il fait presque des prodiges. Je ne voudrois pourtant pas garantir tous ceux que l'on raconte à cette occasion , car tout ce qui tient du merveilleux , ne va guère sans exagération.

*Le Goût.*

COMME l'accroissement & l'entretien des animaux dépend de la nourriture qu'ils prennent , & du choix qu'ils en font , il étoit à propos que la nature les conformât de manière à désirer d'eux-mêmes les alimens nécessaires , & à distinguer ceux qui leur conviennent : il falloit qu'ils sentissent le besoin de manger , & qu'ils eussent du plaisir à le satisfaire ; car sans cette précaution le soin de vivre eût été à charge. Jugeons-en par nous-mêmes : s'il n'étoit question

que de remplir un devoir, lorsqu'on se met à table, il faut convenir que les indigestions ne seroient pas communes, & qu'on verroit peut-être bien des gens périr d'inanition. L'Auteur de la nature a prévu ce désordre, & pour le prévenir, il a mis en nous-mêmes des motifs plus puissans que notre paresse. L'estomac à jeun nous sollicite par la faim & par la soif; & la bouche qui fournit à ces deux appétits, se dédommage par les saveurs qu'elle goûte, de la peine qu'elle prend de préparer les alimens pour la digestion.

Le goût consiste donc à sentir l'impression des matières savoureuses, à les admettre ou à les rejeter, suivant les idées qu'elles font naître, & les jugemens qui s'ensuivent.

Les saveurs, objets du goût en général, viennent principalement des parties salines qui se trouvent dans toutes les matières tant animales que végétales, que l'on prend ou comme alimens, ou comme remèdes. Ces petits corps anguleux & tranchans, sont plus propres que d'autres à pénétrer jusqu'à l'organe immédiat,

II.  
LEÇON.

& à s'y faire sentir. On peut en juger en mettant sur la langue quelque grain de sel pur , de quelque nature qu'il soit , il y fait une impression très-forte ; & l'analyse fait voir que de tous les mixtes ceux qui affectent le plus l'organe , sont les plus abondans en sels.

On ne connoît qu'un très-petit nombre de sels qui diffèrent essentiellement , ou dont les parties divisées par l'eau , se montrent sous des figures constamment différentes. De-là il suit que les sensations du goût seroient peu variées , si les particules salines que les alimens contiennent , agissoient seules , & sans mélange sur l'organe : mais la nature les a mêlées avec d'autres principes qui ne sont point savoureux par eux-mêmes , qui n'agissent que comme objets du toucher en général , & dont le nombre & les doses se combinent à l'infini. L'eau, la terre , l'air, le soufre , l'huile , sont autant de matières insipides , que la nature a fait entrer dans presque tout ce qui sert de nourriture aux animaux. La bouche en broyant ces alimens , fournit  
une

une lymphe qui facilite la désunion des parties , & qui développe les principes ; mais ce dissolvant n'a point autant de prise sur les uns que sur les autres : le soufre & l'huile , par exemple , ne cèdent point à son action , comme la terre & l'eau ; ainsi la partie saline ne se dégage jamais qu'imparfaitement ; & à proportion de la dissolubilité de ce qui lui est étroitement uni.

Les saveurs les plus simples , & sur lesquelles on est le plus généralement d'accord , sont celles où les sels sont le moins mitigés par le mélange d'autres matières. Tout le monde connoît ce que c'est que *salé* , *aigre* , *doux* , *amer* , *âcre* , &c. Ces différentes sensations sont si marquées , qu'on les distingue d'abord : elles sont comme la base de toutes les autres qui deviennent d'autant plus difficiles à décider & à exprimer , qu'elles s'éloignent davantage de cette première simplicité. L'amer du café , par exemple , corrigé par la douceur du sucre , produit une sensation mixte ; le suc des fruits mêlé à l'esprit de vin , prend un nouveau goût ; celui des viandes

II.  
LEÇON

change presque entièrement , & se déguise de mille façons différentes , comme on le sçait par un nombre infini de préparations & de mélanges , dont la délicatesse a fait un art important & très-cultivé dans notre siècle.

Il en est de l'objet du goût , comme de celui du toucher : les saveurs mixtes dépendant de certains principes dont l'assemblage est susceptible d'une infinité de combinaisons , il est impossible de les désigner toutes par des noms particuliers ; on les exprime en les comparant à quelque saveur plus simple , ou plus connue , on dit , *tel fruit est un peu âcre & amer ; tel poisson a le goût du brochet , &c.*

Quant à l'organe du goût , tous les Anatomistes conviennent qu'il est principalement dans la langue ; un grand nombre d'entre eux croient qu'il est dans tout l'intérieur de la bouche , & plusieurs l'étendent jusqu'à l'œsophage , & même jusqu'à l'estomac. Il n'est guère possible de le borner à la langue seule ; chacun peut reconnoître par sa propre expé-

rience, que les matières savoureuses se font sentir, quoique plus foiblement, au palais & au fond de la bouche; mais ce qui décide la question, c'est qu'on a vu des gens qui n'avoient point de langue, & qui goûtoient les alimens.\*

I I.  
LEÇON.

\* Mem. de  
l'Académie,  
1718, P. 6.

C'est encore ici l'extrémité des fibres nerveuses, ces mammelons dont nous avons parlé précédemment, qui sont l'organe immédiat : mais au lieu que pour la sensation du toucher, ils sont petits & recouverts par une surpeau assez unie, & d'un tissu un peu serré ; dans toutes les parties de la bouche où on les observe, & surtout dans la langue, *Fig. 12.* ils sont plus gros, moins compacts, & comme enchaînés dans une enveloppe ou gaine fort poreuse, abreuvés d'ailleurs d'une lymphe qui entretient leur souplesse, & qui met la partie savoureuse des alimens en état de les toucher comme il convient pour se faire sentir : car elle la divise, elle la développe de manière qu'elle lui donne le degré de ténuité nécessaire pour s'insinuer par cette peau très-poreuse, qui couvre les petites houpes nerveuses sur lesquelles l'impression doit se faire.

II.  
LEÇON.

L'organe du goût se gâte & s'use comme les autres, par un usage immodéré de son objet : les saveurs fortes, comme les liqueurs spiritueuses, & ces ragoûts étudiés si fort à la mode aujourd'hui diminuent beaucoup la sensibilité des parties qui en souffrent fréquemment l'impression ; l'expérience fait voir que des gens du peuple qui s'accoutument à boire de l'eau-de-vie, trouvent le vin insipide, & ne s'en foucient plus. On sçait au contraire que les buveurs d'eau ont pour l'ordinaire le goût plus délicat & plus fin que d'autres. Cette boisson qui n'a presque point de faveur, conserve à l'organe toute sa sensibilité, parce qu'elle n'est point capable d'en altérer la texture. La maladie ou le grand âge peuvent aussi causer du désordre dans cette partie : au commencement d'une convalescence, il arrive assez souvent qu'on ne trouve point de goût aux alimens, parce qu'il reste encore quelque humeur vicieuse qui engorge les pores par où doivent passer les particules savoureuses ; ou parce que les accidens qui ont précédé, ont causé

quelque altération à l'organe même, qui n'est point encore revenu à son état naturel. Mais insensiblement je passe les bornes de mon dessein; c'est à la Médecine & à l'Anatomie qu'il convient d'ajouter ce qui peut manquer ici; peut-être en ai-je déjà trop dit.

### *L'Odorat.*

L'Odorat, à qui nous donnons le troisième rang parmi les sens, quand on commence par ceux qui sont en apparence les plus grossiers, pourroit être placé au second, si l'on avoit égard à l'ordre que la nature observe dans leur exercice; car ses fonctions précèdent souvent celles du goût. Ce qu'on nous présente pour boire ou pour manger n'est guère admis, s'il n'a été examiné d'abord, & approuvé par ce sens; & les animaux qui n'ont le tact ni aussi familier, ni aussi fin que nous, décident par l'usage du nez de la qualité des alimens, sur-tout quand ils sont nouveaux pour eux, & qu'il n'y voyent pas extérieurement de ressemblance avec ce qui leur est déjà connu. Il y a



II.  
LEÇON.

une si grande affinité entre le goût & l'odorat, tant par rapport à l'objet que par rapport à l'organe, que quelques Anatomistes ont regardé le dernier comme une partie, ou comme un supplément du premier : & en effet, nous voyons que tout ce qui agréé à l'un, est naturellement ami de l'autre ; on est tenté de porter à la bouche les matières qui exhalent des odeurs agréables, à moins qu'on ne leur connoisse des qualités nuisibles ; & si par hazard quelque aliment usité déplaît à l'odorat, il faut que l'habitude, ou quelques motifs puissans l'emportent sur la répugnance qu'il ne manque pas de faire naître, sans quoi l'on s'en interdit l'usage sur le seul témoignage du nez.

Comme l'intérieur du nez communique avec la bouche, il arrive souvent que les sensations du goût s'allient & se confondent, pour ainsi dire, avec celles de l'odorat : cet effet arrive quand les saveurs sont spiritueuses & volatiles, & de là vient encore une variété prodigieuse de sensations différentes, selon que l'odorat y a plus ou moins de part. Quand il y

participe un peu trop , comme son organe est plus sensible que celui du goût , celui-ci perd ses droits pendant quelques instans , & toute la sensation appartient à l'odorat. Qui est-ce qui ne sçait pas ce qui arrive , lorsqu'on prend une dose de moutarde trop peu mesurée , ou lorsqu'on avale à longs traits de la bière forte ?

Il paroît que le principal objet de l'odorat sont les sels volatils , & que la variété des odeurs vient du mélange & de la quantité des autres principes qui leur sont unis ; car les sels fixes ne sont point capables de se porter à l'organe , & tout ce qui n'est point sel dans les mixtes , quoiqu'il soit volatil , semble insipide à l'odorat comme au goût. On observe au contraire que tout ce qui facilite l'évaporation des matières où le sel volatil abonde , tout ce qui développe leurs principes , les rend aussi plus odorantes. Quand on cuit les viandes , l'action du feu divise les parties , les subtilise , & les met en état de s'exhaler , & alors les odeurs deviennent très-sensibles. Quand on mêle du sel ammoniac en poudre

II.  
LEÇON.

avec de la chaux vive , ou avec du sel de tartre , le volatil urinaire se dévelope , s'élève , & se fait vivement sentir.

Par la même raison la fermentation ou la putréfaction , rend presque toujours odorantes les matières qui ne le sont que peu ou point dans leur état naturel , & le plus souvent elle change la qualité des odeurs ; car ces mouvemens intestins donnent lieu aux parties de se déplacer & de se désunir. Si cette désunion ne va pas jusqu'à décomposer les molécules , & changer la nature du mixte qui commence à fermenter , il devient seulement plus odorant , parce qu'il s'exhale en plus grande quantité ; mais si les principes mêmes qui composent les parties intégrantes viennent à se séparer , non seulement l'odeur en deviendra plus forte & plus pénétrante , parce que l'organe sera affecté par des parties plus subtiles ; mais la sensation sera aussi d'une autre espèce , parce qu'elle sera causée par des corpuscules d'une structure différente , où la partie saline , qui est le principal agent , sera plus

plus ou moins abondante , plus ou moins développée , un fruit qui se pourrit , la chair qui se corrompt, exhalent des odeurs de plus en plus désagréables , non-seulement parce qu'elles sont plus fortes , mais aussi parce qu'elles sont plus fétides , à mesure que la corruption fait du progrès.

II.  
LEÇON.

Les odeurs sont encore moins caractérisées que les saveurs ; à peine convient-on de quelques sensations fondamentales dans ce genre ; on se contente de rapporter les moins connues à celles qui le sont davantage , à la fumée du soufre , à celle du lin-ge brûlé , à la vapeur de l'urine , à la violette , au citron , à l'ambre , &c. sans prétendre pour cela que ces différentes exhalaisons soient des odeurs simples.

Il faut que les corpuscules capables d'ébranler l'organe de l'odorat , soient susceptibles d'une prodigieuse divisibilité. On en peut juger par une expérience , & par quelques observations que nous avons rapportées dans la première Leçon , \* pour prouver en général combien les corps sont divisibles. Ces petites parties ex-

\* III. Ex-  
perience, pag.  
27. & suiv.

halées flottent dans l'air , & c'est ce fluide qui les porte dans l'intérieur du nez où est l'organe , lorsque par la respiration nous le déterminons à prendre cette voie.

L'intérieur du nez est revêtu d'une membrane que les gens de l'art nomment *pituitaire* : c'est un tissu composé pour la plus grande partie des fibres du nerf olfactif , qui est communément reconnu pour être le sujet des odeurs. Ces fibres nerveuses aboutissent à la superficie de la membrane en forme de petits mamelons sur lesquels se fait l'impression des corpuscules odorans. *Fig. 13.* Voilà en gros l'organe de l'odorat , un plus grand détail ne conviendrait point ici : ceux qui voudront être plus amplement instruits, trouveront de quoi se satisfaire dans le traité de M. le Cat, que nous avons cité ci-dessus , dans l'exposition anatomique de M. Winslow, &c. Nous ajouterons seulement que les odeurs fortes, & leur fréquent usage , endurcissent , pour ainsi dire ; les petites houppes nerveuses auxquelles elles s'appliquent , & leur font perdre ce sentiment délicat dont

jouissent ordinairement les personnes qui n'usent point de tabac ni de parfums. On perd aussi pour un tems l'usage de ce sens, lorsqu'une humeur surabondante ou trop épaisse, au lieu d'abreuver l'organe autant qu'il convient seulement pour entretenir sa souplesse & sa sensibilité, engorge & gonfle toute la substance; car alors non-seulement il n'est point dans son état naturel, & disposé à bien faire ses fonctions, mais l'air qui passe avec peine n'y porte pas la même quantité d'odeur: c'est ce qu'on éprouve, & qu'il est aisé d'observer, lorsqu'on a cette indisposition qu'on appelle *rhumme de cerveau*.

Nous ne dirons rien ici de l'ouïe & de la vûe, parce que nous aurons occasion d'expliquer le mécanisme de ces deux sens, en traitant des sons & de la lumière: il nous reste à terminer cette digression par quelques remarques qui se présentent encore à faire sur les sens en général considérés dans l'homme.

1<sup>o</sup>. Quoique suivant l'intention de la nature, chaque individu de notre espèce doive faire de ses sens l'usage

---

 II.  
LEÇON.

\* *Journal  
des Sav. Avr.  
1667. Mem.  
de Trévoux,  
Fev. 1725.*

pour lequel ils lui sont accordés; cependant il est indubitable que toutes ces facultés ne sont point au même degré de délicatesse dans tous les hommes. On en a vu \* dont l'odorat étoit aussi fin que celui des chiens de chasse; d'autres distinguent les objets dans un lieu assez obscur, pour les dérober aux vûes ordinaires; certains gourmets apperçoivent dans les ragoûts & dans les liqueurs, des différences qui échappent aux goûts communs. Un tel degré de perfection dans les sens, lorsqu'il ne s'y trouve pas aux dépens de quelque avantage plus précieux, doit être regardé comme un bienfait de la nature; mais que la sensibilité de nos organes soit limitée, & que nos sensations n'aient pas toute l'étendue qu'elles pourroient avoir, ce n'est point un mal, & nous aurions tort de nous en plaindre: au contraire une délicatesse dans les sens beaucoup plus grande qu'elle ne s'y trouve communément, nous exposerait à bien des incommodités, à moins qu'il ne se fît en même tems une réforme dans les objets qui ont coûté.

me de les affecter , & que nous ne changeassions aussi de manière de penser. Trop de lumière blesse nos yeux , tels qu'ils sont ; s'ils étoient plus délicats ; une clarté ordinaire seroit toujours excessive , & nous ne verrions jamais sans douleur. Seroit-il agréable de voir toujours les objets comme on les voit à l'aide du microscope ? La plus belle peau ne nous paroîtroit jamais qu'un tissu mal uni , ou plein de rugosités ; & le plus beau diamant ne nous montreroit que des faces mal dressées , & peu symétrifiées : il est aisé d'appliquer cette réflexion aux autres sens.

2<sup>e</sup>. Dans l'usage des sens , quoique l'organe soit suffisamment affecté par l'objet , il arrive souvent que la sensation n'a point son effet par rapport à l'ame. Combien de fois n'arrive-t'il pas qu'on a les yeux ouverts sur un objet éclairé , sans le voir ? ou que l'on parle assez haut à quelqu'un qui n'est point sourd , & qui cependant n'entend pas ce qu'on lui dit ? Tous les corps que nous touchons , ou qui nous touchent par hazard, viennent-ils pour cela à notre



---

 II.  
LEÇON.

connoissance ? C'est que pour connoître ce que l'on touche , il faut le tâter ; pour entendre , il faut écouter ; & pour voir , il faut regarder. Or tâter , écouter , & regarder , ce n'est pas seulement laisser agir l'objet sur l'organe , c'est joindre l'attention de l'ame à l'exercice du sens qui est en fonction. Un homme distrait se comporte souvent comme un sourd , un aveugle , un insensible. Qui ne connoît pas les effets de la distraction ?

3<sup>e</sup>. Les sensations , comme nous l'avons déjà dit ; font naître des idées , & ces idées sont agréables ou déplaisantes à l'ame qui les conçoit ; mais ce qu'il y a de plus remarquable , c'est que le même objet fait plaisir aux uns & déplaît aux autres. Quelques personnes aiment les amers , le plus grand nombre les déteste ; certaines odeurs plaisent à ceux-ci , & sont insupportables à ceux-là ; & c'est ce qui a donné lieu à cette maxime : *Il ne faut pas disputer des goûts.* Il y a plus encore : ce qui me faisoit peine à sentir il y a quelques années , m'est agréable aujourd'hui. Tel qui a marqué de la répugnance en buvant de la bière , ou

en prenant du tabac pour la première fois , en fait ses délices dans la suite ; l'odeur du musc qui étoit de mode autrefois , fait maintenant mal à la tête à tout le monde. Les organes ne sont-ils pas à-peu-près les mêmes dans tous les hommes ; & changent-ils d'un tems à l'autre dans le même individu ?

II.  
LEÇON.

Puisque c'est une chose reconnue , que les parties organiques sont plus délicates , & par conséquent plus susceptibles des impressions dans certaines personnes que dans d'autres , & qu'une action immodérée de l'objet est capable de les blesser ; il peut arriver que ce qui ne seroit qu'une sensation ordinaire pour les uns , devienne pour les autres une irritation violente , fâcheuse , & inquiétante pour l'ame qui veille à la conservation du corps , & qui désapprouve tout ce qui tend à déranger l'économie animale.

Mais il faut convenir que l'imagination a autant de part qu'aucune autre cause à toutes ces variétés. Les objets nous plaisent ou nous causent de la répugnance selon les idées que nous y attachons ; & ces idées dépen-

dent beaucoup de l'habitude , de la mode , & des préjugés. On a ouï dire à des gens que l'on croit de bon goût, qu'une telle matière , en la brûlant , produit une bonne odeur ; en voilà assez pour la faire aimer quand on l'éprouvera. Le rapport des yeux présente d'abord les huîtres sous des similitudes dégoutantes ; mais peu à peu ces premières idées s'affoiblissent , & cèdent à d'autres plus flâteuses qu'on a conçûes en y goûtant : ainsi comme les sensations dépendent en partie de la disposition de l'organe , les jugemens qui s'ensuivent , tiennent beaucoup aussi de celles de l'ame.



Fig. 13.

Intérieur du

gravée

es Ruisch

embrane

aire

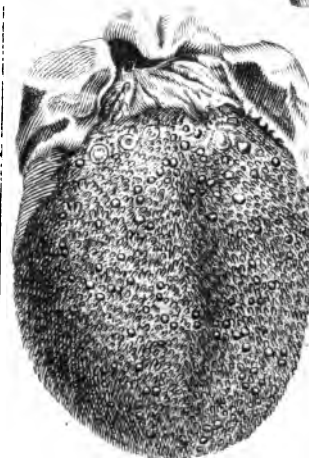
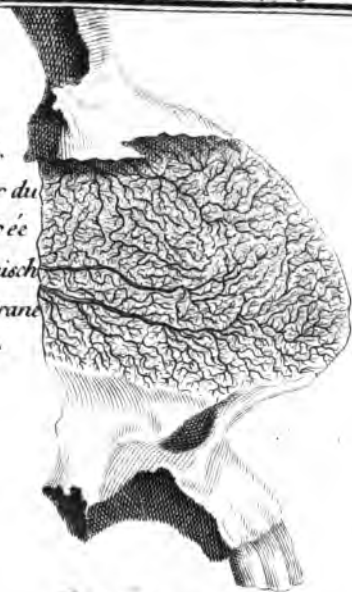


Fig. 12.

Langue

humaine

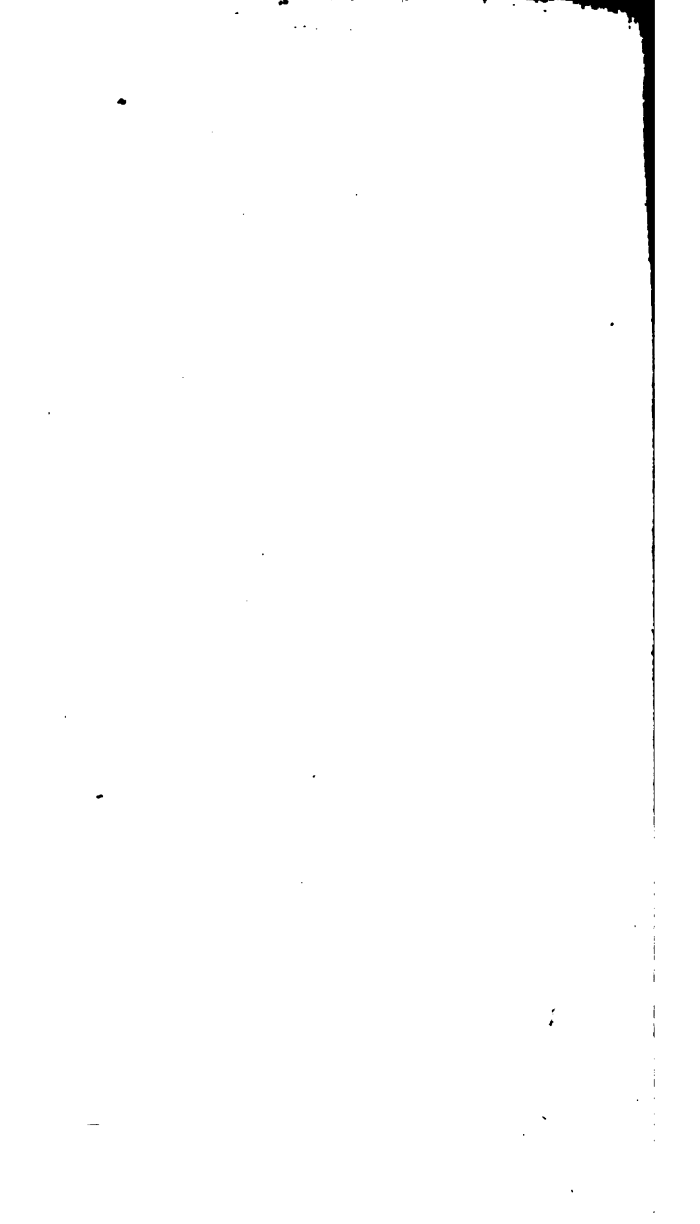
gravée

d'Après le

trésor

Anat. de

Ruisch





### III. LEÇON.

*De la Mobilité des Corps ; du  
Mouvement , de ses propriétés  
& de ses loix.*

---

#### PREMIERE SECTION.

*De la Mobilité des Corps.*

---

III.  
LEÇON.

**I**L ne faut point confondre la *mobilité* avec le *mouvement* ; ce sont deux choses tout-à-fait différentes. La première est une propriété commune à tous les corps ; l'autre est un état hors duquel on les considère souvent , & qui ne leur est point essentiel. Je me représente quelquefois telle ou telle matière comme étant en repos : mais je conçois toujours qu'elle peut recevoir le mouvement qu'elle n'a pas.

La mobilité est fondée sur certaines dispositions qui ne se trouvent pas au même degré dans tous les corps ; c'est ce qui fait que les uns

---

 III.  
LEÇON.

sont plus mobiles que les autres, c'est à-dire, qu'il faut employer moins de force pour les faire passer du repos au mouvement. Les principales de ces dispositions sont la figure, le poli de la surface, & la quantité de matière contenue sous le volume d'un corps qu'on veut mouvoir.

Pour concevoir ceci facilement, représentons-nous d'abord deux masses de verre, d'ivoire, &c. d'égal poids, dont l'une soit un cube, & l'autre une boule, toutes deux posées sur une table. Ces deux corps ne différeront que par la figure, & cela suffira pour rendre le dernier beaucoup plus propre que le premier à recevoir & à conserver le mouvement. Donnons-leur maintenant la même figure, & ne changeons rien à l'égalité de leurs masses; mais imaginons seulement que la surface de l'un est raboteuse, & que celle de l'autre est unie: cette différence rendra celui-ci plus mobile; une moindre force le fera mouvoir sur un plan solide, ou dans un fluide. Enfin supposons deux corps bien semblables par leur figure, & par le poli de leurs surfaces, mais dif-

**f**érens par leurs quantités de matière; **une** billed'yvoire , par exemple, & **une** autre de plomb , de même diamètre , suspenduës de même , ou sur le même plan horizontal & fort droit; ne faudra-t'il pas frapper celle-ci plus fortement que l'autre , pour la mouvoir ? & la même force imprimée à l'une & à l'autre , ne trouvera-t'elle pas moins de résistance dans la plus légère que dans la plus pesante ?

Cette résistance au mouvement , qu'on apperçoit dans tous les corps , ayant égard seulement à leur masse , se nomme *force d'inertie* : elle est, ainsi que la pesanteur , proportionnelle à la quantité de matière propre de chaque corps. Mais quoique ces deux forces ayent cela de commun entre-elles , on ne peut pas dire qu'elles soient la même chose ; il y a des preuves du contraire : la pesanteur , comme nous le verrons dans la suite, exerce toujours son action de haut-en-bas, & , autant qu'elle peut , perpendiculairement à l'horizon ; mais la force d'inertie résiste au mouvement dans quelque sens qu'on fasse effort pour mouvoir un corps.



---

 III.  
LEÇON.

Pour nous faire une idée juste de l'inertie, représentons-nous l'expérience proposée par M. Newton; *Fig. 2.* imaginons un corps d'une grandeur & d'un poids déterminé, par exemple, une boule de plomb pesant une livre, suspendue librement par un fil fort long dans un air tranquille, & une autre boule de plomb semblable pareillement suspendue, qui va heurter la première avec quatre degrés de mouvement. Si la boule en repos ne faisoit aucune résistance à celle qui vient la heurter, après le choc on les verroit toutes deux se mouvoir avec quatre degrés de mouvement. Car pourquoi le mouvement diminueroit-il dans la boule qui choque, s'il n'y avoit point de résistance de la part de celle qui est choquée? & par quelle raison la boule déplacée ne le feroit-elle pas selon toute l'étendue du mouvement qui la pousse? Mais l'expérience fait voir autre chose: la boule en repos reçoit de celle qui la frappe une portion de son mouvement; & cette dernière perd dans le choc ce que l'autre paroît avoir acquis. Un corps en repos fait donc une ré-

istance réelle à l'effort qui tend à le mouvoir. Il y a plus encore ; si la boule en repos *Fig. 2.* pèse 30, ou 40 livres, l'autre qui n'a plus alors qu'une masse beaucoup moindre, avec le même effort, ne la porte pas aussi loin que dans le cas précédent ; cependant si pour mouvoir un corps quelconque, il ne s'agissoit que de lui faire perdre son état de repos, le mouvement communiqué seroit le même dans une grosse que dans une petite masse. Il y a donc quelque chose de plus à vaincre, qu'une seule privation de mouvement.

III.  
LEÇON.

Dira-t'on que la boule en repos ne résiste que parce qu'elle est appuyée par l'air qui l'environne, & qu'il faut déplacer, pour la faire changer de lieu ?

Mais, 1<sup>o</sup>. les corps qui se choquent dans le vuide font voir la même chose que dans l'air, ou s'il y a des différences, elles ne sont pas sensibles.

2<sup>o</sup>. La résistance de l'air fait elle-même partie de la question présente ; car il s'agit de l'inertie des corps en général. Si l'air en qualité de matière, fait résistance au mouvement des

---

 III.  
LEÇON.

corps qui tendent à le déplacer , & qu'on en convienne , l'inertie est prouvée.

3<sup>e</sup>. Si la résistance que fait la boule en repos, venoit uniquement de celle de l'air, sur lequel elle s'appuie ; pour résister une fois plus, il faudroit qu'elle répondît à un volume d'air une fois plus grand : mais le fait est qu'il suffit de doubler le poids de la boule , & tout le monde sçait qu'un solide sphérique , pour avoir le double de masse, ne reçoit pas une surface deux fois aussi grande que celle qu'il avoit.

Seroit-ce donc la pesanteur de la boule suspenduë qui s'opposeroit à son déplacement ? De quelque longueur qu'on suppose le fil, dira-t'on, si le corps grave qu'il tient suspendu, est libre , il le tiendra tendu dans une situation verticale , & se placera au point le plus bas que la suspension lui puisse permettre d'obtenir. Il suit de-là , que si on le force d'en sortir, en quelqu'endroit qu'on le porte à l'entour , il sera plus haut ; & qu'il faudra, pour l'y porter , vaincre sa pesanteur qui fait effort pour le retenir où il est.

Cette objection est spécieuse , mais elle ne fera jamais conclure que la force d'inertie & la pesanteur sont la même chose dans les corps , à qui-conque fera attention que dans les boules suspenduës des expériences citées , la résistance est toujours proportionnelle aux masses considérées dans toute leur valeur ; au lieu que la pesanteur , dans le tems du repos , est réduite à zero par le fil qui suspend la boule , & qu'elle n'agit presque pas , lorsque cette même boule se meut , si le fil est fort long , comme on le suppose , & qu'on ne fasse décrire que de petits arcs.

Pour rendre ceci plus intelligible , supposons la boule en repos au bout du fil qui la tient suspenduë , alors tout l'effort de sa pesanteur est vaincu par la résistance du point de suspension ; si on la pousse avec le doigt dans un arc de cercle , à mesure qu'elle s'éloigne du lieu de son repos , on sent qu'elle pèse de plus en plus sur la main qui la dirige , de manière que si le fil devient horizontal , elle fait sentir tout son poids ; & quand on la conduit en descendant par le même arc

---

 III.  
LEÇON.

de cercle , on sent décroître proportionnellement l'effort de la pesanteur , jusqu'à ce que le fil soit vertical , & que le point de suspension soit chargé de tout. On conçoit donc que la boule en question ne résiste comme pesante , que quand le fil n'est plus vertical , quand elle a passé du lieu le plus bas à un autre plus élevé ; ce déplacement doit donc précéder absolument la résistance , ou l'effort qui vient de la pesanteur ; mais pour opérer ce déplacement , il faut employer une force réelle , capable de vaincre & de transporter toute la masse de cette boule ; car si cette force qu'on emploie est trop petite , elle n'est pas moins une force réelle , & cependant elle n'a point l'effet qu'on demande sur un corps solide dont les parties sont liées. Ainsi la boule suspendue a donc fait une résistance qu'il a fallu vaincre , avant que sa pesanteur pût se faire sentir.

De plus les fluides résistent aussi bien que les autres corps. Quand un solide se meut dans l'eau , en suivant une direction horizontale , on ne peut pas dire que la résistance qu'il éprouve ,

ve , vienne de la pesanteur du milieu , puisque toutes les parties de ce milieu , qu'on suppose homogènes , sont en équilibre entr'elles , & qu'on n'a rien à attendre de leur pesanteur ; quand on les transporte selon une direction qui leur est tout-à-fait indifférente , telle qu'on la suppose.

Enfin la force d'inertie se rencontre dans les corps en mouvement , comme dans ceux qui sont en repos , celui qui se meut avec deux degrés , n'en reçoit un troisième que par un nouvel effort qu'il faut faire pour le lui donner ; la même résistance qu'il oppose à la première force qui lui ôte son repos , il l'emploie également contre celle qui veut ajouter à son nouvel état ; c'est pourquoi après avoir rapporté les expériences qui prouvent la force d'inertie dans les corps en repos , j'en ajouterai une qui me paroît décisive , & qui ne permet pas de confondre les effets de l'inertie avec ceux de la pesanteur.

---

**III.**  
**LEÇON.****PREMIERE EXPERIENCE.****PREPARATION.**

LA machine qui est représentée par la *Fig. 3.* porte environ à 6 pieds de hauteur deux billes d'ivoire *A, B*, d'un pouce & demi de diamètre chacune, & attachées ensemble avec un peu de cire : le marteau *D*, qui est de même matière, est mené par un ressort que l'on tend plus ou moins, & qui se détend quand on tire le cordon *E*, pour faire frapper le marteau sur une des deux billes.

**EFFETS.**

L'UNE des deux billes d'ivoire *B*, ayant été frappée par le marteau, se détache de l'autre *A*, & la précède en tombant.

**EXPLICATIONS.**

SI les deux billes seulement détachées l'une de l'autre, n'obéissent qu'à leur pesanteur, comme on suppose qu'elles commencent à tomber en même tems ; qu'elles sont en tout semblables, & dans le même air, il

est indubitable qu'elles arriveroient ensemble sur le plan qui termine leur chute : mais l'une des deux ayant reçu un coup de marteau qui ajoute à l'effort de sa pesanteur , obéit encore à cette nouvelle impulsion , dont l'effet est de la faire précéder l'autre ; & cette précession est d'autant plus prompte , que le coup de marteau a été plus grand. Voilà un nouvel effet qu'on ne peut attribuer à la pesanteur , puisque pour le faire naître cet effet , il faut employer une cause particulière , sans laquelle il est nul , & dont il suit exactement les proportions. Or tout ce qui anéantit une force active , s'appelle résistance : un corps qui tombe librement , résiste donc à un mouvement plus prompt que celui de sa pesanteur , & ne le reçoit que d'une autre puissance dont l'action est susceptible de plus & de moins.

III.  
LEÇON.

#### APPLICATIONS.

Une pierre que l'on jette avec la main contre un arbre de médiocre grosseur , y cause souvent une émotion qui passe sensiblement jusques

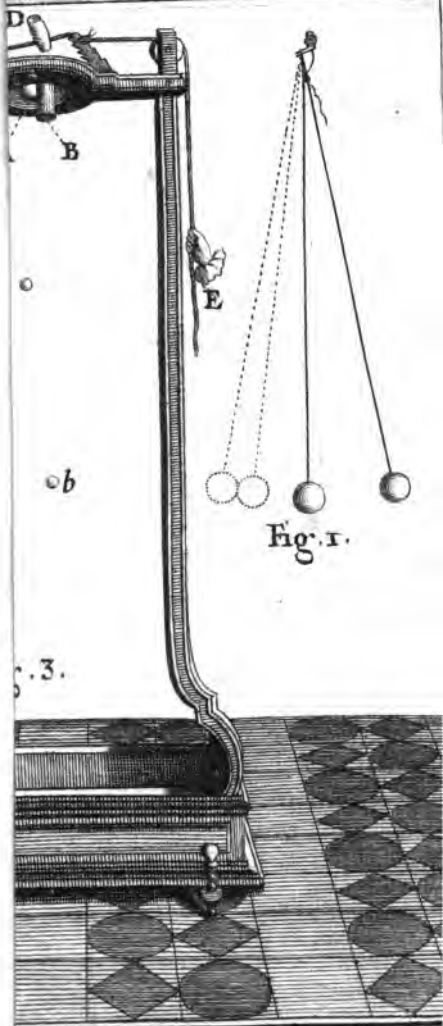
Q. ii.

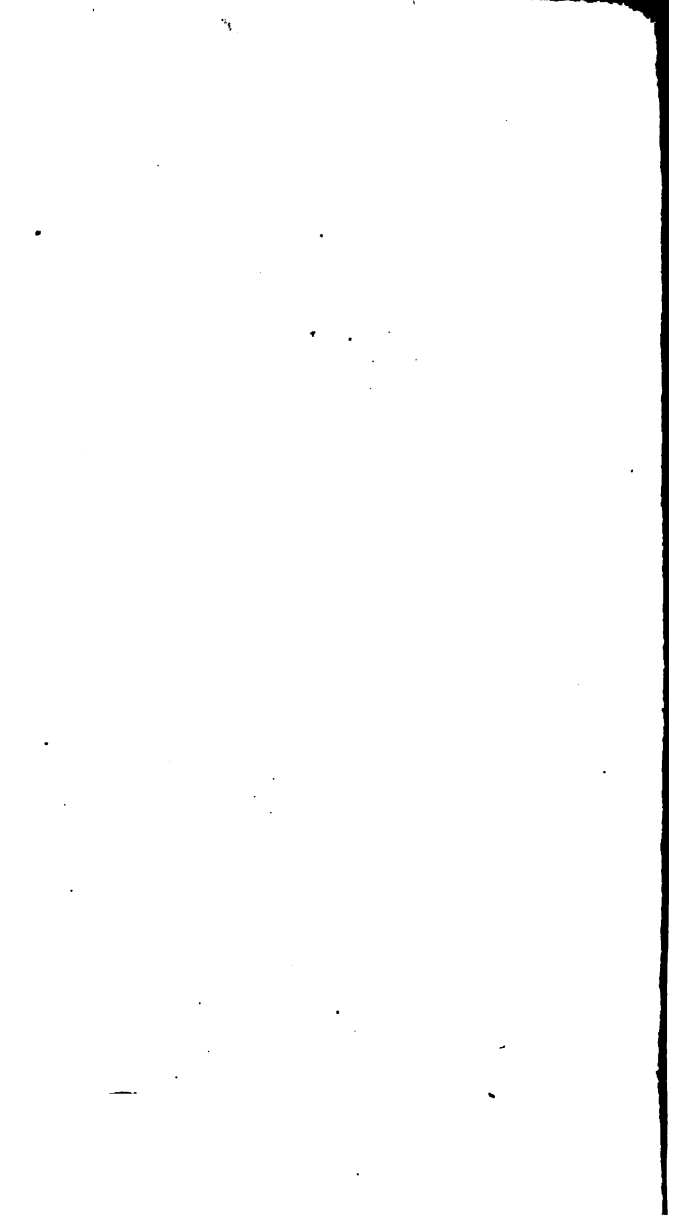


---

 III.  
LEÇON.

aux branches, & retombe au pied du même arbre ; où elle demeure sans mouvement : une pareille pierre lancée contre un rocher isolé retombe de même, & ne laisse appercevoir aucun signe de mouvement communiqué : on voit tout d'un coup la cause de cette différence, si l'on fait attention que tout ce qui est matériel, oppose son inertie au choc des autres corps : & que cette force par laquelle il résiste au mouvement, est toujours proportionnelle à sa masse. En supposant que la pierre portât successivement le même effort contre l'arbre & contre le rocher ; le premier, comme ayant beaucoup moins de matière, a fait une résistance trop foible, pour consumer entièrement la force qui l'a sollicité à se mouvoir sans être un peu déplacé ; & ce déplacement a été sensible par l'agitation des branches : l'autre ayant une masse beaucoup plus grande, a fait une résistance complète, victorieuse (pour ainsi dire) ; & l'effort de la pierre distribué à un certain nombre de ses parties, n'a pas suffi pour s'étendre à toutes d'une manière sensi-





ble , & pour mouvoir le corps en son entier.

---

III.  
LEÇON.

On a vû ci-dessus qu'une boule de plomb qui pèse une livre , & qui va heurter une autre boule de même matière & de même poids , lui donne une certaine quantité de mouvement; & qu'elle en donne moins , ou , pour parler plus exactement , qu'elle déplace moins une troisième boule qui pèse trente ou quarante fois autant. On en a conclu ; comme on le devoit , que ce dernier corps , ayant plus de matière , résistoit davantage ; de-là il suit que plus il aura de masse , plus il aura de résistance; & qu'enfin il peut en avoir en telle quantité , que l'effort qu'il a à soutenir , ne suffise pas pour être distribué sensiblement à toutes ses parties. Cependant ce corps ne peut pas se déplacer , que toutes ses parties ne se meuvent en commun ; c'est donc par cette raison que l'inertie des corps conserve les uns sensiblement en repos contre un effort qui met les autres en mouvement.

III.  
LEÇON.

## II. SECTION.

*Du mouvement en général , & de  
ses propriétés.*

**O**N appelle *mouvement* , l'état d'un corps qui est actuellement transporté d'un lieu dans un autre , soit qu'on le considère en totalité , soit qu'on n'ait égard qu'à ses parties. Ainsi le bateau qu'on abandonne au courant de la rivière , est en mouvement parce qu'il change continuellement de place ; & l'on ne peut point nier que les aîles d'un moulin ne se meuvent , quoiqu'elles tournent dans le même lieu , parce que chacune d'elles passe successivement par tous les rayons du cercle qu'elle décrit.

Toutes les fois qu'un corps se meut , il change de situation respectivement aux objets qui l'environnent de près ou de loin : un homme , par exemple , assis dans un carrosse , ou dans un bateau qui le transporte , change continuellement de rapports , sinon avec les personnes qui l'accom-

pagnent , au moins à l'égard des différens lieux qu'il parcourt pendant son voyage.

Si j'apperçois à ma gauche ce que j'avois à ma droite , je puis donc conclure en toute sûreté , qu'il y a un mouvement réel ; mais ce changement de rapports ne suffit pas seul pour m'apprendre si c'est moi qui ai passé du lieu que j'occupois , dans un autre. Car le même effet s'ensuivroit, quand j'aurois resté constamment en repos , pourvû qu'on eût déplacé ce que j'ai autour de moi. Que le soleil tourne en 24. heures autour de la terre , ou qu'en un pareil tems la terre tournant sur elle-même , présente successivement tous les points de sa surface à la lumière de cet astre, c'est la même chose , quant aux apparences ; & le systême qui attribue le mouvement réel à notre globe , pour expliquer les différens aspects du ciel, n'eût jamais été qu'une pure hypothèse , & ne l'emporteroit pas sur l'opinion contraire , s'il n'étoit appuyé d'ailleurs sur des raisons plus fortes que les positions relatives des corps célestes avec la terre.

Il y a trois choses principales à considérer dans un corps qui se meut :

III. sa direction , sa vitesse , & la quantité  
LEÇON. de son mouvement.

La direction s'exprime par la ligne droite qu'un corps décrit , ou tend à décrire par son mouvement ; car quoiqu'il parcoure un espace, qui, outre sa longueur, a encore les autres dimensions qu'il a lui-même ; cependant comme si la matière étoit réduite en un point , on ne considère dans la direction que le chemin parcouru par ce seul point ; c'est pour cela qu'en nommant deux termes seulement ; on fait connoître sans équivoque de quelle manière le mobile se dirige : comme quand on dit , *telle rivière coule de l'Est à l'Ouest* , *tel objet passe de droite à gauche*.

Quand un corps commence à se mouvoir , c'est toujours par une ligne droite , qu'il suit autant qu'il peut ; & quand il est obligé de la quitter , il recommence à en décrire une autre de la même espèce , qu'il n'abandonne encore , que quand on le force de se diriger autrement, mais toujours en ligne droite , comme nous le

le ferons voir ci-après. Ainsi quand un mouvement se fait en ligne courbée, cette courbe n'est autre chose qu'une suite de petites lignes droites différemment dirigées. La fronde qu'on fait circuler, passe par une infinité de directions; & le cercle qu'elle décrit peut être considéré comme un polygone d'une infinité de côtés.

On donne aux directions des corps qui sont en mouvement, autant de noms différens, qu'il en appartient aux positions relatives des lignes droites; on dit, par exemple, tel corps se meut *obliquement*, *parallèlement*, *perpendiculairement*, &c. à l'horison, à tel ou tel plan. La direction de la pluie est oblique à l'horison, quand il fait du vent.

La vitesse du mouvement se connoît par l'espace qu'un mobile parcourt, & par le tems qu'il emploie à le parcourir. Pour avoir une idée distincte de la vitesse, il ne suffit pas de dire, un homme a fait dix lieues, il faut encore accuser pendant combien d'heures il a marché.

De même quand il s'agit des vitesses relatives, ce n'est point assez de



---

 III.  
LEÇON.

comparer les tems , ou les espaces seulement , pour sçavoir en quel rapport sont les vîteses de deux corps , il faut diviser les espaces par les tems , & si l'on trouve , par exemple , qu'en tems égaux chacun d'eux ait parcouru une toise , on pourra conclure égalité de vîtesse , & l'inégalité au contraire , si l'un des deux emploie plus de tems à parcourir une espace donné , ou que dans un tems déterminé il ne parcoure pas autant d'espace que l'autre. Les aiguilles d'une pendule , ou d'une montre , font toutes deux le tour du cadran , elles parcourent le même espace ; mais celle des heures emploie douze fois autant de tems que celle des minutes : la dernière a douze fois autant de vîtesse que la première ; ou bien en prenant le tems de douze heures pour la mesure commune , on verra en comparant les espaces parcourus , que l'aiguille des minutes fait douze fois le chemin , que celle des heures ne parcourt qu'une seule fois ; ce qui revient au même.

On confond assez souvent la vîtesse avec le mouvement ; si l'on fait

tourner un morceau de liège une fois plus vite qu'un plomb de pareil volume, on dit communément, que le liège a plus de mouvement. Cette expression n'est point exacte, & l'on verra bien-tôt que le plus & le moins de mouvement ne vient pas seulement du degré de vitesse. Cependant ceux-mêmes qui ne l'ignorent pas, se conforment quelquefois à l'usage: & l'on dit, un mouvement uniforme, accéléré, retardé, &c. quoique ces modifications doivent toujours s'entendre de la vitesse.

III.  
LEÇON.

La vitesse *uniforme* est celle d'un corps qui parcourt des espaces égaux en tems égaux. Comme si la boule qui roule sur un plan, parcourt une toise dans la seconde, une autre toise dans une seconde suivante; une toise encore dans la troisième seconde, & toujours de même; de façon que les tems & les espaces parcourus soient toujours égaux entre eux. Cette uniformité se conçoit aisément comme possible; mais dans l'état naturel elle ne se rencontre presque jamais, à cause des obstacles inévitables dont nous parlons ci-après.

On appelle *vitesse accélérée* celle d'un mobile qui dans des tems égaux mesure des espaces qui vont toujours en augmentant, ou bien des espaces qui sont égaux entre eux, dans des tems qui décroissent de plus en plus : comme une pierre qui tombe librement, & qui va plus vite vers la fin de sa chute qu'au commencement.

III. Si tout au contraire, des espaces égaux ne s'achèvent que dans des tems qui augmentent de plus en plus, ou, qu'en supposant l'égalité des tems, les espaces parcourus aillent toujours en décroissant, cette vitesse est celle qu'on nomme *retardée*; telle est celle d'une bille qu'on fait rouler, & qui se ralentit peu à peu jusqu'au repos.

La quantité du mouvement s'estime par la masse & par la vitesse prises ensemble, de manière qu'en multipliant l'une par l'autre, on peut sçavoir au juste quel est le rapport des mouvemens de deux corps que l'on compare. Supposons, par exemple, qu'un des deux ait 100 grains de matière, que l'autre en ait 500, & que tous deux se meuvent avec 4 dé-

grés de vitesse : la quantité du mouvement dans le premier sera 100 multiplié par 4, ce qui fera 400, & dans le dernier ce sera 500 multiplié par 4, le produit fera 2000 ; ainsi ces deux quantités de mouvement comparées seront entr'elles comme 400, & 2000. On apperçoit aisément la raison pour laquelle on doit estimer ainsi la quantité du mouvement, quand on considère que toute la vitesse avec laquelle on fait mouvoir un corps, appartient également à toutes les parties de sa masse ; car si je mets un tout en état de parcourir une toise en une seconde de tems, je détermine par-là la vitesse, mais je l'imprime, cette vitesse, à toutes les parties qui composent ce tout ; de sorte que si après l'impulsion reçue, elles venoient à se desunir, on ne conçoit pas qu'aucune d'elles dût demeurer en repos ; on sent au contraire, qu'en obéissant toutes également à la même cause qui les a déterminées à se mouvoir, elles continueroient d'exécuter séparément ce qu'elles ont commencé en commun, en faisant abstraction néanmoins des obstacles qui aug-

---

III.  
LEÇON.

---

 III.  
LEÇON.

mentent en conséquence de la division, & que nous expliquerons ailleurs.

Un corps qui se meut, peut en mouvoir d'autres, & cette faculté est relative aussi à sa masse & à sa vitesse, de façon qu'on peut composer l'une par l'autre. Car celui qui a peu de masse fait autant d'effort avec beaucoup de vitesse; qu'un autre en feroit avec moins de vitesse, s'il avoit plus de masse. Avec un petit marteau qu'on fait agir promptement, on chasse aussi loin le même clou, qu'avec un plus gros qui tomberoit lentement; une petite baguette ne blesse pas comme un bâton; quand bien même l'une & l'autre frapperoient avec la même vitesse.

Le mouvement des corps, quand il est employé pour en mouvoir d'autres, soit qu'il tende à les mouvoir seulement, soit qu'il les meuve en effet, se nomme *puissance* ou *force motrice*.

On avoit toujours pensé que cette force en toutes sortes de cas indistinctement, devoit être évaluée comme la quantité du mouvement par la masse

& par la vitesse ; & en effet qu'un corps sollicité à se mouvoir , se meuve réellement , ou bien qu'il soit retenu par des obstacles , on ne voit autre chose en lui que sa vitesse , multipliée autant de fois qu'il a de parties solides , ou ( ce qui est la même chose ) toute sa masse multipliée par sa simple vitesse ; & l'on ne voit pas que des oppositions invincibles , ou la liberté d'agir , puisse rien changer à sa quantité de matière , ni à l'impulsion qui a une fois réglé son degré de vitesse.

Cependant plusieurs Philosophes tres-célèbres ont embrassé le sentiment de M. Leibnitz , qui le premier a établi une distinction entre la force motrice qui est vaincue par un obstacle , & celle qui agit contre une résistance qui cède. Ils appellent la première *force morte* , & ils conviennent qu'elle doit être évaluée comme la quantité du mouvement , en multipliant la masse par la simple vitesse. Quant à la dernière , qu'ils nomment *force vive* , ils prétendent que pour l'estimer selon sa juste valeur , il faut multiplier la masse ; non

---

 III.  
LEÇON.

par la simple vitesse, mais par le quadré de la vitesse, c'est-à-dire, par la vitesse multipliée par elle-même. Si, par exemple, la vitesse est 3; ce n'est point par 3, qu'il faudra multiplier la masse, mais par 9, qui est le produit de 3 multiplié par 3. Suivant cette opinion, un corps qui agit contre un obstacle avec 2 de masse, & une impulsion qui règle sa vitesse à 4, n'a que 8 degrés de force, tant que la résistance est victorieuse; mais si cette résistance vient à céder, la force à laquelle elle obéit devient vive, & de 8 elle s'élève à 32.

On juge bien qu'un Philosophe comme M. Leibnitz, & aussi versé qu'il l'étoit dans les Mathématiques, ne s'est point déterminé légèrement à introduire un principe aussi nouveau, & qui paroît d'une aussi grande importance pour la mécanique; il l'a même annoncé par un titre qui marquoit sa confiance\*; & en effet il appuie sa théorie sur des expériences & par des raisonnemens si

\* *Brevi demonstratio erroris memorabilis Cartesii & aliorum, &c. A. A. crud. Lips. 1686 p. 161.*

spécieux , qu'on ne doit point être surpris qu'il ait trouvé des défenseurs parmi les Physiciens les plus habiles & les plus éclairés. Mais l'on ne peut dissimuler aussi que le plus grand nombre révolté contre cette nouvelle doctrine , l'a regardée comme un paradoxe ; & qu'après de longues discussions , la plupart ont pensé qu'il falloit plutôt chercher à concilier les phénomènes qui servent de preuves à l'opinion de M. Leibnitz , avec des principes connus & généralement avoués, que d'admettre une nouveauté qui ne paroïssoit point liée avec les idées claires & distinctes qu'on s'étoit faites jusqu'alors du mouvement des corps.

Nous ne croyons pas devoir approfondir cette question dans un Ouvrage , où l'on ne s'est proposé que d'établir les principes les moins contestés : les pièces de ce fameux procès se trouvent mieux exposées que je ne pourrois le faire , dans plusieurs Ouvrages imprimés & très - connus. Je n'en citerai que deux ; l'un est le vingt-unième & dernier chapitre d'un volume in-8°. imprimé en 1749.



III.  
LEÇON.

sous le titre d'*Institutions de Physique*, dans lequel une Dame, aussi respectable par ses lumières que par sa naissance, a fait valoir avec toute la sagacité possible, tout ce qu'on peut dire en faveur des forces vives : l'autre est une *Dissertation sur l'estimation des forces motrices des Corps*, dans laquelle M. de Mairan, qui en est l'Auteur, rappelle un Mémoire qu'il avoit lû en 1728. à l'Académie des Sciences ; & dans lequel il combat l'opinion des forces vives par des raisons bien fortes, & explique fort intelligiblement, & par les principes ordinaires, tout ce qui paroissoit ne pouvoit l'être qu'en admettant celui de M. Leibnitz.

Je ne dois pas omettre cependant ( & c'est une des raisons qui me dispensent de m'étendre davantage sur cette question ) que si les sentimens sont partagés sur la manière d'évaluer la force des corps en mouvement, on est parfaitement d'accord sur le produit de ces forces, & sur les effets qui en doivent résulter. Ceux qui n'admettent point la distinction Leibnitienne ; conviennent cependant

avec les défenseurs des forces vives, que les effets sont quadruples de la part d'un corps qui se meut avec deux degrés de vitesse, par comparaison à celui qui n'en a qu'un. Mais, disent-ils, ce n'est pas parce que 4 est le carré de 2, que cet effet s'ensuit; c'est seulement parce que le mobile qui a deux degrés de vitesse, fait un effort qui est répété deux fois autant que celui d'un corps qui se meut avec un degré de vitesse. Et il faut avouer que si l'on fait entrer la considération du tems dans l'examen des faits qu'on apporte en preuves des forces vives; on se retrouve alors dans la route ordinaire, & le carré des vitesses n'a pas plus lieu pour l'estimation des forces qui ne sont que retardées par des résistances qui cèdent, que pour évaluer celles qui agissent contre des obstacles invincibles.

Il suit de cet aveu & de sa restriction, que si l'affaire des forces vives n'est point une question de nom, au moins on peut dire qu'elle n'est pas d'une aussi grande conséquence qu'elle paroïssoit devoir l'être pour la mécanique, & qu'on peut sans erreur

---

 III.  
LEÇON.

estimer indistinctement dans la pratique, la force des corps par la quantité du mouvement, c'est-à-dire, par leur masse & par leur simple vitesse actuelle, s'ils se meuvent réellement; & s'ils sont retenus par des obstacles invincibles, par leur tendance au mouvement qui est comme la masse, & leur vitesse initiale, c'est-à-dire, celle avec laquelle ils commenceroient à se mouvoir, si l'obstacle cédoit.

Le *repos* est l'état opposé au mouvement, c'est donc celui d'un corps qui persévère dans les mêmes rapports de situations avec les objets qui l'environnent de près ou de loin. Je dis, de près ou de loin, pour faire entendre qu'il s'agit ici du repos absolu; & qu'on ne regarde pas comme tel l'état d'un corps qui est emporté avec ce qui l'entoure, comme un homme qui voyage avec trois autres personnes dans la même voiture; car s'il est en repos relativement à ceux qui l'accompagnent, il ne l'est pas par rapport aux objets extérieurs.

Cette espèce de repos à qui nous donnons l'exclusion, est peut-être le

seul cependant qu'on doive admettre en parlant à la rigueur ; car si tout le globe que nous habitons, tourne sans cesse sur son axe , & qu'il décrive un orbe autour du soleil , comme il est très-probable , il n'y a aucun corps sur sa surface qui ne participe au mouvement qui est commun à toutes les parties ; & si quelque chose paroît en repos , ce n'est que relativement aux autres objets terrestres. Mais comme tout ce qui l'entoure à cet égard , s'étend autant que toute notre sphère , quand on ne compare que des corps terrestres entre eux , on peut regarder comme absolu le repos de celui qui ne change point de situation respectivement à eux.

Le repos n'a pas ses degrés comme le mouvement , à moins qu'on ne le confonde avec la force d'inertie ; il est toujours tout ce qu'il peut être : mais il peut arriver, ( & c'est une chose fort ordinaire , ) qu'un corps soit en repos considéré comme un tout , & que ses parties soient dans un mouvement actuel. Un bloc de marbre qui s'échauffe à l'ardeur du Soleil, ne change point de place , mais toutes

ses parties sont agitées ; car tous les Physiciens conviennent qu'un des principaux effets de la chaleur , est de mettre en mouvement les parties de la masse sur laquelle elle agit.

### III. SECTION.

#### *Des Loix du Mouvement simple.*

**O**N appelle *Loix du mouvement* certaines règles , suivant lesquelles tous les corps se meuvent généralement & constamment , lorsqu'ils obéissent à quelque force motrice.

Le mouvement *simple* est celui d'un corps qui n'obéit qu'à une seule force, ou qui ne tend qu'à un seul point. Tel est celui d'un homme qui glisse en ligne droite sur un canal glacé , ou celui d'un corps grave que son propre poids fait descendre par une ligne perpendiculaire à l'horison : un tel mouvement est l'effet d'une seule impulsion , ou de plusieurs qui se succèdent dans la même direction.

*Première Loi du Mouvement  
simple.*

III.  
LEÇON.

*Tout corps qui est une fois mis en mouvement , continuë de se mouvoir dans la direction , & avec le degré de vitesse qu'il a reçu , si son état n'est changé par quelque cause nouvelle.*

C'est-à-dire , que s'il quitte la ligne droite qu'il a commencé à décrire , si sa vitesse se rallentit, ou s'accélère , ces changemens viennent d'une cause particulière qui le détermine autrement , qui ajoute, ou qui retranche à son mouvement , sans quoi la première cause ne cesseroit d'avoir pleinement son effet. Car pourquoi son état changeroit-il ? La force d'inertie qui l'a retenu , tant qu'elle a pû , dans son repos , & qu'il a fallu vaincre , pour lui faire prendre du mouvement , le fait résister ensuite , autant qu'elle peut , à toute variation , & cette résistance doit être vaincue de nouveau par une force positive , avant qu'on apperçoive aucun degré de plus ou de moins dans l'état du mobile.

**III.**  
**LEÇON.**

Mais pourquoi la nature s'est-elle fait une loi qui n'a jamais son effet ? ou plutôt , comment avons-nous pu assigner aux corps qui se meuvent , une constance de direction & de vitesse , qui ne représente pas la nature ? Quelqu'un a-t'il jamais vu un mouvement sans altération , & qui se perpétuât , sans avoir besoin d'être réparé ? Le corps le plus mobile & le plus violemment agité , ne revient-il pas au repos , après un tems plus ou moins long ?

Il faut avouer que nous n'avons en notre disposition aucune expérience qui prouve directement , & d'une manière positive , l'énoncé de cette première loi.

Mais , 1°. nous avons fait voir ci-dessus , qu'un corps en tel état qu'il soit , tend à y persévérer ; par une force que nous avons nommée inertie. Ce principe suffit pour établir la loi dont il s'agit , puisqu'en faisant abstraction de toute résistance étrangère , lorsqu'une fois un corps est en mouvement , on ne voit plus rien en lui qui résiste à l'impulsion qu'il a reçue , ni qui détruisse l'inertie qui s'oppose

s'oppose à son changement d'état.

III.  
LEÇON.

2<sup>e</sup>. S'il est vrai que les corps perdent toujours leur mouvement après un certain tems, il n'est pas moins vrai qu'on connoît toujours des obstacles qui le leur font perdre; & parce que des résistances inévitables, (quoiqu'étrangères,) font cesser le mouvement d'un corps; seroit-ce une raison pour conclure que le mouvement est de nature à ne pouvoir subsister? Ne doit-on pas plutôt juger tout le contraire, de cela même qu'il faut absolument des résistances positives pour le faire cesser? Voyons donc quelles sont les causes qui font cesser le mouvement, & choisissons par préférence celles qui sont tellement liées avec l'état naturel, qu'elles ne peuvent être évitées.

1<sup>ment</sup>. Dans quelque endroit & de quelque manière qu'on fasse mouvoir un corps, il se trouve toujours dans quelque fluide, qui à cet égard se nomme milieu, & qu'il est obligé de pousser sans cesse devant lui pour se faire un passage; & comme ce milieu est matériel, il fait une continuelle résistance au mobile qui tend à le dé-



---

 III.  
LEÇON.

placer. Celui-ci ne peut donc continuer de se mouvoir qu'en employant à chaque instant une partie de son mouvement, pour vaincre cette résistance ; ainsi après un certain tems, il l'a tout employé , & se trouve réduit au repos.

2<sup>ment</sup>. Tous les corps étant pesans , aucun d'eux ne peut se mouvoir dans une direction différente de celle qui est propre à la pesanteur , s'il n'est soutenu par une suspension , ou par un plan , ou bien il glisse dans quelque fluide qui le touche de toutes parts. De quelque manière qu'on s'y prenne , il faut toujours qu'il passe par les différens points de la surface du plan qu'il parcourt, ou du milieu qu'il divise, ou que les pièces qui le suspendent fassent la même chose l'une sur l'autre. Cette application successive de surface à surface se nomme *frottement* , & résiste encore au mouvement ; car la superficie des corps n'est jamais parfaitement unie ; les parties hautes de l'une s'engagent dans les cavités de l'autre , ce qui fait qu'elles ne glissent qu'avec quelque difficulté.

La résistance des milieux & celle

qui vient des frottemens , sont donc des causes qui empêchent que la première loi du mouvement n'ait un plein effet , parce qu'étant inévitables dans l'état naturel , il en résulte des résistances qui détruisent indispensablement une partie de la vitesse des corps à chaque instant.

III.  
LEÇON.

Toute machine que l'on fait mouvoir, n'exerce donc jamais sur la résistance qu'on s'est proposé de vaincre , tout le mouvement qu'elle a reçu , puisque les causes dont nous venons de faire mention , en consomment nécessairement une partie. Comme il est important de sçavoir ce qui doit lui en rester après cette déduction , nous allons exposer ici ce qu'on doit principalement considérer quand on veut évaluer les résistances qui naissent ou des frottemens , ou des milieux.

#### ARTICLE PREMIER.

##### *De la résistance des Milieux.*

Les milieux, quoique fluides, résistent comme les autres corps par leur inertie qui s'oppose à leur déplacement.

LEÇON.

ment ; mais l'inertie , comme nous l'avons déjà dit , est toujours proportionnelle à la masse : toutes choses égales d'ailleurs , plus le milieu a de densité , plus il fait de résistance.

Mais la masse des corps ne dépend pas seulement de leur densité , elle dépend aussi de leur grandeur ; car une pinte d'eau pèse plus qu'une chopine de la même eau ; ainsi le même milieu en pareilles circonstances résiste à proportion de la quantité qu'on en déplace ; & cette quantité doit être mesurée par la surface antérieure du corps qui s'y meut , & par l'espace qu'on lui fait parcourir. Si je divise l'eau ou l'air avec le plat de la main ; à chaque instant j'en déplace beaucoup plus que si je les divisois en tranches égales , seulement avec le tranchant de la même main , & je trouve aussi plus de résistance.

La masse de cette portion du milieu qu'on doit déplacer , étant déterminée par sa densité , par la grandeur de la surface solide qui la pousse , elle doit l'être encore par la vitesse du mobile ; car on conçoit bien que si je fais mouvoir ma main dans l'eau , de la

longueur de deux pieds dans une seconde, je déplace une plus grande quantité du fluide, que si dans un tems égal ma main n'avoit parcouru qu'un espace d'un pied. Or une plus grande quantité d'eau fait une plus grande masse, qui résiste plus, & l'inertie s'oppose à une plus grande vitesse, comme elle s'est opposée au premier degré qu'on a fait prendre au fluide qui cède. Les expériences suivantes feront preuve de ce que nous venons d'établir touchant la résistance des milieux, & acheveront d'éclaircir ce que nous en avons dit.

III.  
LEÇON.

## PREMIERE EXPERIENCE.

### PREPARATION.

On a divisé en deux parties égales une espèce de baquet ou d'auge, par une cloison qui s'étend d'un bout à l'autre, pour mettre de l'eau d'un côté, & laisser l'autre plein d'air seulement. Une double potence qui s'élève sur le milieu de la cloison, suspend deux verges de la même longueur, aux bouts desquels sont attachées deux boules de métal, qui sont semblables

par leurs poids & par leurs volumes ; & qui peuvent , lorsqu'on les met en mouvement , aller & revenir chacune dans la partie du baquet , à laquelle elle répond. Voyez la *Fig. 4.*

## E F F E T S.

Les deux boules partant en même tems avec des quantités égales de mouvement : celle qui se meut dans l'eau perd toute sa vitesse en 4 ou 5 secondes ; au lieu que l'autre dont les balancemens se font dans la partie de l'auge qui ne contient que de l'air , conserve fort long-tems sa vitesse , & ne la perd entièrement qu'après un très-grand nombre de vibrations.

## E X P L I C A T I O N S.

Les deux boules étant de même métal , & ayant des volumes égaux comme on le suppose , ont nécessairement des masses égales , & lorsqu'elles commencent à décrire des arcs semblables aux bouts de deux verges d'égales longueurs , leurs vitesses sont aussi semblables , comme nous le ferons voir dans la suite. Ainsi puisque

le mouvement se mesure par la masse & par la vitesse, les deux boules de notre expérience commencent à se mouvoir avec pareilles quantités de mouvement. Dans le premier instant chacune d'elles déplace un égal volume du fluide dans lequel elle se meut; mais le volume d'eau déplacé par *F*, est environ 800 fois plus dense que l'air poussé par *G*. Ces deux mobiles ont donc déployé leurs forces sur des résistances bien inégales, puisqu'elles sont dans le rapport de 1 à 800; ainsi la boule *F* n'a point pu passer outre qu'elle n'ait consumé une partie de sa force, qui égale 800 fois celle que la boule *G* a perdu de la sienne. Ce qui se fait dans le premier instant recommence dans l'instant suivant; & les vitesses des deux mobiles diminuent ainsi, avec une différence à peu-près proportionnelle à celle des milieux, jusqu'à ce qu'enfin l'un & l'autre soient entièrement réduits au repos.

## APPLICATIONS.

M. Newton a démontré qu'un corps sphérique qui se meut dans un

**III.**  
**LEÇON.** milieu tranquille , & d'une densité égale à la sienne , perdoit la moitié de son mouvement avant que d'avoir parcouru un espace égal en longueur à deux de ses diamètres. Qu'on se rappelle ici les principes que nous avons établis ci-dessus , & que nous venons de confirmer par l'expérience précédente ; on concevra facilement comment on peut soumettre à un calcul exact la résistance qu'un fluide peut faire au mouvement d'un corps solide qui y est plongé : Car supposez que ce soit une boule d'or qui se meuve en ligne droite dans l'eau, ce qu'elle déplace équivaut à un cylindre dont la base a pour diamètre celui de la boule , & pour axe la ligne que son centre décrit. On sçait quel est le rapport des densités de l'or & de l'eau ; on sçait aussi quel est le rapport d'une boule à un cylindre , d'un diamètre , & d'une hauteur donnée. Toutes ces quantités étant donc connues , on peut juger de la résistance que l'eau oppose à la boule pendant qu'elle parcourt tel ou tel espace , & en comparant ce qu'elle a perdu de sa vitesse , avec ce qu'elle avoit en commençant :

commençant à se mouvoir , on peut juger de ce qui lui reste.

III.  
LEÇON.

Nous avons déjà dit , que pour évaluer la résistance des fluides , il falloit avoir égard aussi à la vitesse du mobile. Il n'y a point de milieu si divisible , qui n'exige un tems fini pour céder. Nous trouvons ordinairement ce tems fort court , parce que les vitesses que nous employons pour les diviser , ne sont point fort grandes ; & la comparaison que nous faisons du tems employé contre eux , à celui avec lequel ils obéissent , nous fait porter ce jugement dont on revient , quand on considère certains effets qu'on ne peut expliquer qu'en supposant qu'on n'a point donné au fluide le tems de céder. Pourquoi , par exemple , les coups de rames font-ils avancer un bateau ? & pourquoi le font-ils avancer d'autant plus vite qu'ils sont plus prompts & plus fréquens ? C'est que lorsqu'on frappe l'eau plus vite qu'elle ne peut céder , elle devient par cette lenteur à obéir le point d'appui d'un levier que le batelier fait agir. Les poissons font avec leurs queue's ce que le batelier



~~fait avec ses rames~~ fait avec ses rames, le nageur avec ses bras & ses jambes, les oiseaux aquatiques avec leurs pieds, qui pour cet effet sont conformés d'une manière propre à pousser un grand volume d'eau.

III.  
LEÇON.

## II. EXPERIENCE.

### PREPARATION.

*HI*, *Figure 5.* représente un mouvement d'horlogerie, dont le modérateur est un volant à deux ailes, 1. 2, on monte le ressort avec une clef, & la pièce *K* est un levier qui se meut de gauche à droite, & de droite à gauche, pour mettre le rouage en jeu, ou pour l'arrêter. On pose cet instrument sur la platine de la machine pneumatique que nous avons représentée entière dans la *Figure 1. de la 2. Leçon*; & on le couvre d'un récipient de verre garni par le haut d'une tige de métal *L*, qui passe à travers d'une virole de cuivre pleine de cuirs gras, & avec laquelle on peut mener le levier *K*, sans laisser rentrer l'air, quand on a fait le vuide dans le récipient. Voyez la *Figure 6.*

EFFETS.

III.

LEÇON.

Lorsqu'on met le rouage en jeu dans le vuide, on s'apperçoit par la fréquence des coups de marteaux qui battent sur le timbre, que le mouvement du rouage est beaucoup plus libre que quand le récipient est plein d'un air semblable à celui de l'atmosphère.

EXPLICATIONS.

Ce qu'on nomme communément le vuide de Boyle, n'est autre chose qu'un espace où l'on a raréfié l'air autant qu'il est possible, par le moyen de la machine pneumatique, que ce Philosophe Anglois a beaucoup perfectionnée; mais nous ferons voir, ( & tous les Physiciens en conviennent, ) que ce vuide n'est qu'un milieu moins dense que celui où nous voyons la plupart des corps se mouvoir. Dans l'un & dans l'autre de ces deux milieux, c'est-à-dire; dans l'air ordinaire & dans l'air raréfié, le rouage n'a point une entière liberté, parce qu'indépendamment des autres causes, le volant a tou-

**III.** jours quelque résistance à vaincre;  
**LEÇON.** pour se mouvoir dans le fluide qui l'environne, La résistance de ce fluide est proportionnelle à sa densité ; & par cette raison dans un air moins dense, le modérateur moins gêné lui-même, laisse plus de liberté aux rouës, & procure plus de fréquence aux marteaux.

#### APPLICATIONS.

On voit par cette expérience , que l'air est un milieu résistant qui se comporte à l'égard des corps en mouvement , comme tous les autres fluides ; à cela près , qu'étant beaucoup moins dense que la plupart d'entre eux , il résiste moins en pareilles circonstances : c'est pourquoi pour trouver un point d'appui dans sa résistance , comme nous avons vû qu'on en trouve dans celle de l'eau , il faut le frapper avec bien plus de vitesse , ou bien en pousser un plus grand volume en même tems. Les oiseaux s'élèvent, se soutiennent, & font de longs trajets dans l'air , malgré le poids de leur corps qui excède toujours considérablement celui du milieu qu'ils

occupent. Ceux qui volent long-tems & fort loin, comme les hironnelles, la plupart des oiseaux de proie, plusieurs aquatiques, &c. ont ordinairement peu de corps, beaucoup de plumes, & des aîles fort grandes; ceux au contraire qui ont un vol plus court ou moins fréquent ont d'ordinaire plus de chair, & des aîles plus petites par proportion. Mais si l'on y fait attention, on remarquera que ceux-ci battent plus promptement que les autres en volant; les moineaux, pinçons, chardonnerets, linotes, &c. volent comme par sauts, & ne se soutiennent point long-tems dans une même direction; leurs aîles ne peuvent élever & soutenir leur corps que par une vitesse à laquelle ils peuvent à peine fournir quelques instans; pendant qu'ils se reposent pour recommencer, leur propre poids les gagne, & leur fait perdre une partie de l'élevation précédemment acquise; c'est pourquoi leur vol n'est qu'une suite d'élancemens.

Il y a des oiseaux qui se soutiennent pendant quelque tems à la même élé-

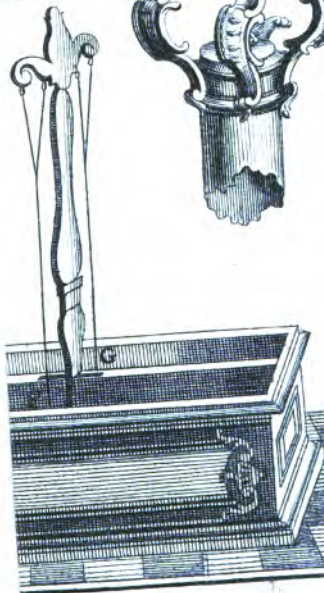
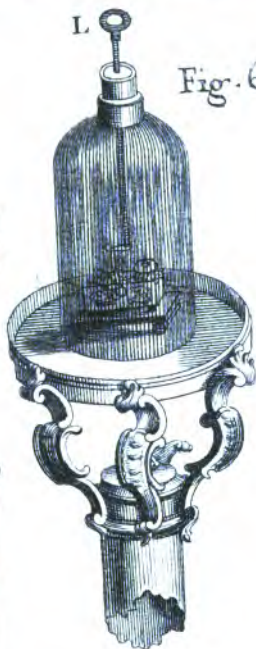
vation, sans paroître mouvoir les ailes, ( ce qu'on nomme *planer* ; ) on doit supposer qu'elles se meuvent pourtant, mais que leurs vibrations sont si promptes & si courtes, qu'on ne peut les appercevoir à une certaine distance. La grande vitesse de ce mouvement peut suppléer pendant quelque tems à des battemens plus ouverts ; & l'on remarque aussi que les oiseaux qui planent, sont obligés de tems en tems de regagner par un vol ordinaire la hauteur qu'ils ont perdue insensiblement, & de reposer, pour ainsi dire, par des mouvemens plus lents & plus étendus, les muscles dont le ressort a été trop tendu pendant ces vibrations courtes & fréquentes.

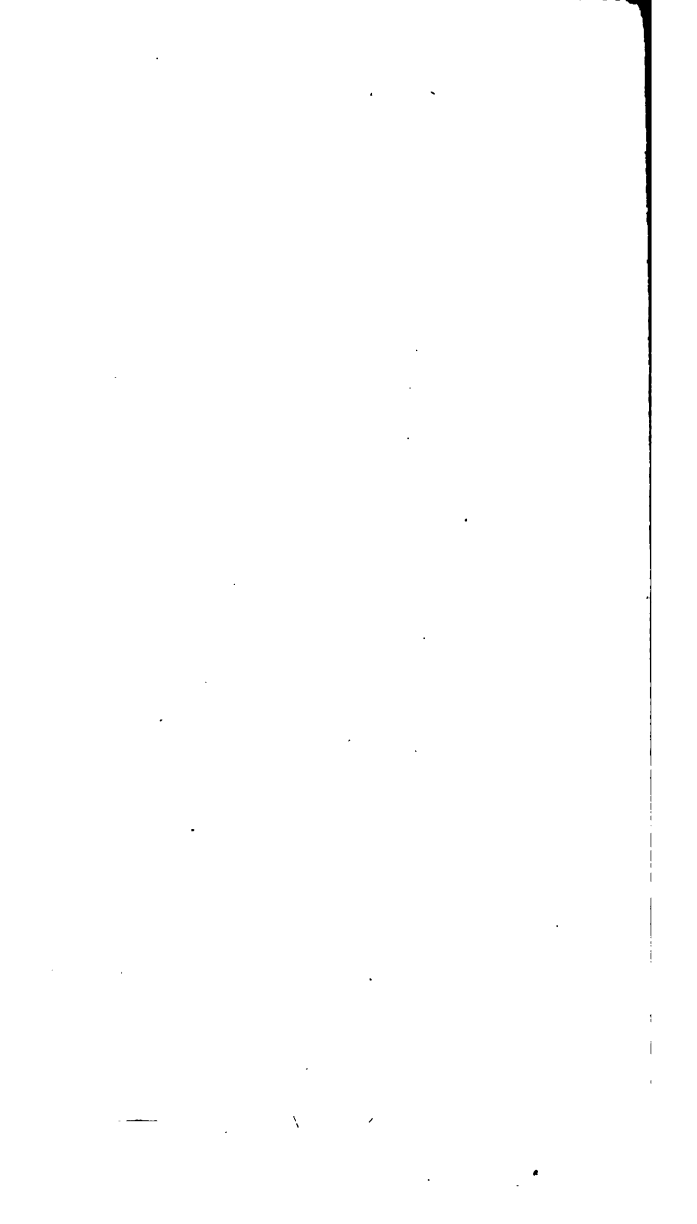
On voit par-là pourquoi les oiseaux domestiques, ou ceux qui s'engraissent beaucoup en certaines saisons, volent si peu ou si mal. A mesure qu'ils augmentent en masse, il faudroit aussi que leurs ailes devinssent plus grandes, pour embrasser un plus grand volume d'air, ou que leurs forces augmentassent par proportion pour les faire agir avec plus de vitesse.

5.

L.

Fig. 6.





se ; mais le degré de force , & la con-  
formation dans chaque espèce , ne  
sont pas variables comme l'embon-  
point.

Que l'on compare maintenant le poids d'un homme avec la force qu'il lui faudroit avoir dans les bras , pour mouvoir des aîles d'une grandeur proportionnée à sa masse , avec une vitesse capable de le soutenir en l'air , & l'on verra quelle a été la folie de ceux qui ont cherché les moyens de voler , & qui les ont regardés comme possibles. En vain s'imagineroit-on qu'il ne faudroit que de la dextérité & de l'exercice ; il seroit facile de faire voir que les bras d'un homme le plus robuste & le plus exercé , ne sont pas capables d'un effort suivi , qui pût produire un tel effet.

### III. EXPERIENCE.

#### PREPARATION.

L'instrument que représente la *Fig.* 7, est un double moulinet dont les ailes en même nombre pour chacun , sont aussi de même poids , de même largeur & de même longueur ; avec



---

 III.  
LEÇON.

cette différence, qu'à l'un des deux le plan de chaque aîle peut s'incliner à l'axe , de telle façon que l'on veut : un même ressort qui se détend, quand on baïse un bouton qu'on voit en *M* , pousse également deux petites broches *NN*, qui sont fixées aux moyens des moulinets ; ainsi en obéissant tout deux à cette impulsion commune , ils commencent à se mouvoir avec des vitesses égales.

## E F F E T S.

Si toutes les aîles des moulinets sont dans des positions semblables relativement à leurs axes , par exemple , si dans l'un & dans l'autre le plan de chaque aîle est parallèle à l'axe commun , le mouvement imprimé par le ressort dure également dans tous les deux ; ils font un pareil nombre de tours , & finissent ensemble de se mouvoir. Si au contraire dans l'un des deux moulinets la largeur des aîles tombe sur l'axe à angles droits , ou , [ ce qui est la même chose , ] que leurs plans se trouvent tous dans celui d'un même cercle ; alors la même impulsion fait tourner celui-ci

**bien plus vite & beaucoup plus long-tems que l'autre.**

III.  
LEÇON-

EXPLICATIONS.

Dans le premier cas de l'expérience précédente, les aîles de chaque moulinet se présentent de face au milieu commun qu'elles ont à déplacer, pour se mouvoir: elles ne diffèrent d'ailleurs par aucune circonstance, comme on le suppose; elles éprouvent donc en même tems des résistances égales; elles perdent par conséquent pareilles quantités de forces dans les mêmes instans; quand la vitesse manque tout-à-fait à l'un des deux moulinets, elle doit pareillement manquer à l'autre. Tout au contraire dans le second cas, l'un des deux moulinets présente ses aîles de champ; dans cette position ce ne sont plus que des lames qui divisent facilement l'air, & qui n'éprouvent plus à beaucoup près la même opposition de sa part, puisque le volume qui doit se déplacer est beaucoup moindre; ainsi celui qui dans des tems égaux perd moins de sa force, doit tourner plus vite & plus long tems que l'autre.

## III.

## LEÇON.

Cette dernière expérience fait voir qu'une même masse peut éprouver des résistances différentes dans le même milieu , selon qu'elle lui présente directement une surface plus ou moins grande. Le batelier fait agir sa rame par le plat quand il cherche un point d'appui dans la résistance de l'eau ; mais il la relève par le tranchant , pour se moins fatiguer , quand il veut se mettre en état de recommencer.

C'est par la même raison , qu'un corps conserve ordinairement mieux son mouvement , lorsqu'il est entier, que s'il est divisé : car la division multiplie les surfaces , & par conséquent la résistance du milieu. Quand une once de plomb sort d'un fusil, sous quelque quantité de surface qu'elle soit , l'impulsion de la poudre qui détermine sa vitesse est la même ; cependant tout le monde sçait qu'une balle est toujours portée beaucoup plus loin qu'une pareille quantité de plomb en grains : cette différence vient de la résistance de

l'air qui agit en raison des surfaces ; car chaque petit grain de plomb ainsi que la balle , présente toujours à l'air qu'il divise , la moitié de sa superficie sphérique ; & à poids égaux , la somme des petites surfaces hémisphériques du plomb grainé , excède beaucoup celle d'une seule balle.

III.  
LEÇON

Comme il arrive souvent qu'on ne compte point assez sur la résistance du milieu , quelquefois aussi le préjugé lui en prête plus qu'il n'en a. Qui est-ce qui n'a pas ouï dire , par exemple , qu'un coup de fusil qui passe au-dessus de l'eau , ou qui traverse d'un bord à l'autre d'une rivière ou d'un étang , ne porte pas le plomb aussi loin que par-tout ailleurs ? La raison qu'on en donne , en disant que la vapeur de l'eau épaissit l'air , a bien quelque vrai-semblance ; mais on la fait trop valoir ; quand on attribue des effets sensibles à ce prétendu épaississement de l'air. L'expérience précédente a fait voir qu'on ne fait varier considérablement la résistance. qu'en faisant naître des différences considérables dans la densité ; & des épreuves que j'ai plusieurs fois répé-

**III.** **LEÇON.** tées avec soin, m'ont appris que le fait en question est pour le moins une exagération. Si quelqu'un s'est apperçu qu'il n'atteignoit point les objets étant sur l'eau, comme lorsqu'on tire ailleurs, c'est qu'il a été trompé par la distance, qui nous paroît toujours moindre, quand nous ne voyons qu'une étendue trop uniforme, & que nous n'y trouvons pas d'objets qui nous aident à l'estimer. Ainsi il ne seroit pas surprenant qu'on eût manqué de tuer à 60. pas un oiseau, qu'on croyoit tirer à 50; mais la densité du milieu augmentée par la vapeur de l'eau, auroit bien peu de part à cet effet.

JUSQUES ICI nous avons considéré le milieu comme tranquille, mais s'il est agité, sa résistance sera augmentée ou diminuée par son propre mouvement. Le poisson qui remonte le courant d'une rivière, a deux résistances à vaincre : l'une est le mouvement de l'eau dont la direction est contraire à la sienne; l'autre est l'inertie du volume auquel il répond, & qu'il doit déplacer, comme il feroit

dans une eau dormante. Un homme qui marche contre le vent , a la même chose à faire ; & c'est pour cette raison , que quand on fait mouvoir un corps contre la direction d'un fluide dont le mouvement est rapide , on diminue son volume , autant qu'il est possible ; pour donner moins de prise à l'effort du courant. Un vaisseau qui a le vent contraire , plie ses voiles ; & en pareil cas le batelier fait asseoir ceux qu'il passe d'un bord à l'autre de la rivière.

Si le mobile & le fluide qui lui sert de milieu , se meuvent tous deux dans la même direction ; ou ils ont de vitesses égales , ou l'un des deux en a plus que l'autre : dans le premier cas , la résistance du milieu est nulle ; tel est le mouvement d'un poisson qui suit précisément le courant de l'eau : dans le dernier cas , celui des deux qui a le plus de vitesse , en communique à l'autre , aux dépens de celle qu'il a. Un boulet de canon qui part dans la direction du vent , ne trouve pas autant de résistance dans l'air , qu'il en souffriroit dans un tems calme ; mais comme il va plus vite que le vent , il faut toujours qu'il s'ouvre un passage dans

III.  
LEÇON.

III.  
LEÇON.

ce milieu qui fuit devant lui avec trop de lenteur. Si l'on connoît par les règles que nous avons établies, quelle seroit la résistance d'un milieu, s'il étoit en repos; on connoîtra de même ce que son degré de vitesse pour ou contre, ajoute ou diminue à cette résistance.

## ARTICLE II.

*De la résistance des frottemens.*

Pour se faire une juste idée des frottemens, il faut observer que la surface d'un corps quelconque n'est jamais parfaitement unie: quand on supposeroit que toutes les parties solides qui la composent sont exactement dans le même plan, (& quand cela se trouve-t'il?) les pores qui les séparent nous obligeroient encore à nous représenter cette superficie comme un assemblage de petites éminences & de petites cavités. Supposons que deux plans de cette espèce se touchent dans toute leur étendue, les parties hautes de l'une entreront dans les creux de l'autre, comme il arrive à-peu-près à une pe-

lote couverte de velours , que l'on pose sur un tapis de même étoffe ; ou bien , si c'est un corps solide que l'on plonge dans un liquide , celui-ci en conséquence de la ténuité & de la fluidité de ses parties , se moule exactement dans toutes les cavités de l'autre , comme on peut le remarquer par l'humidité qu'on y apperçoit , quand il en sort.

S'il s'agit maintenant de faire parcourir à un corps la surface d'un autre corps , cela peut s'exécuter de deux manières différentes qu'il est important de bien distinguer : 1<sup>o</sup>. En appliquant successivement les mêmes parties de l'un à différentes parties de l'autre , comme quand on fait glisser un livre sur une table : & nous nommerons ce frottement , celui de la première espèce. 2<sup>o</sup>. En faisant toucher successivement différentes parties d'une surface à différentes parties d'une autre surface , comme lorsqu'on fait rouler une boule sur un billard : & nous nommerons ce dernier frottement , de la seconde espèce.

Dans le premier cas , le mouvement que l'on fait faire à celui des deux



---

 III.  
LEÇON.

corps qui passe sur l'autre, a une direction perpendiculaire à celle selon laquelle les parties des surfaces sont réciproquement engagées. Car selon notre supposition, la surface que l'on fait glisser horizontalement, est celle d'un corps grave que son poids appuie verticalement sur la table ; & cette espèce de frottement occasionne souvent la rupture de ces petites éminences qui forment l'inégalité des superficies, comme on peut le remarquer par la poussière qu'on fait naître de deux marbres, ou de deux morceaux de bois dressés, qu'on frotte l'un sur l'autre un peu rudement.

Dans le second cas, ces mêmes parties engagées se quittent à-peu-près comme les dents de deux rouës de montre se désengrennent en roulant l'une sur l'autre : s'il arrive qu'elles aient peine à se quitter, c'est qu'il y a disproportion entre les parties faillantes, & les vuides qui les reçoivent ; mais jamais cette dernière espèce de frottement n'est aussi efficace que l'autre, pour ralentir le mouvement.

L'usage

L'usage où l'on est d'enrayer les rouës des voitures dans les descentes rapides , nous fournit un exemple familier des différens effets que produisent ces deux sortes de frottemens. Quand on craint qu'un carrosse , ou une charrette , ne se précipite en descendant trop vite on empêche les rouës de tourner sur leur axe ; alors le même point de la circonférence traîne successivement sur une suite de points pris sur le terrain ; c'est un frottement de la première espèce , qui résiste considérablement au mouvement de la voiture. Il n'en est pas de même quand chaque rouë tourne à l'ordinaire sur son essieu ; elle se déploie sur les différentes parties du plan qu'elle a à parcourir ; son frottement , quant à la circonférence , n'est que de la seconde espèce ; & son mouvement beaucoup plus libre , le seroit trop , s'il se trouvoit encore favorisé par une pente trop roide.

Il n'est pas aussi facile d'estimer la résistance qui vient des frottemens , que celle des milieux considérés par rapport à leur densité , au volume & à la vitesse du mobile qui les dé-

III.  
LEÇON.

place. Le passage successif d'une surface sur une autre, est d'autant plus retardé, qu'elles ont toutes deux plus d'inégalités; mais ce *plus* ou ce *moins* varie à l'infini, non seulement par la nature des corps, mais aussi par le degré de perfection qu'ils peuvent recevoir de l'art. Un ouvrier ne peut jamais dire qu'il a poli également deux morceaux du même bois, du même métal, de la même pierre, &c. & quand il auroit une règle certaine pour s'en assurer, on ne pourroit pas compter sur la constance de cet état; toutes les matières s'usent & s'altèrent peu-à-peu, & ces accidens dont on ne peut guère estimer la valeur, augmentent quelquefois, & plus souvent diminuent le poli des surfaces.

Les autres quantités qui entrent dans l'évaluation des frottemens, la grandeur des superficies, la pression qu'elles ont l'une sur l'autre, leur degré de vîteses, sont des choses plus faciles à mesurer; mais comme leur valeur est relative à l'état actuel des surfaces, il reste toujours beaucoup d'incertitude dans l'estimation des

résistances qui en résultent. On se contente pour l'ordinaire d'un à-peu-près qui souvent n'en est point un, en supposant qu'un tiers de la puissance, ou du mouvement imprimé à une machine, est employé à vaincre les frottemens : mais on voit bien que cela doit s'entendre d'une machine en grand, & qu'il doit y avoir beaucoup de variété, suivant son degré de simplicité, & selon la perfection des pièces qui la composent.

Quelques Physiciens \* ont prétendu que la grandeur des surfaces n'entre pour rien dans le frottement, & qu'on ne devoit avoir égard qu'au degré de pression. “ Un Corps, disent-ils, qui a plus de largeur que d'épaisseur, ne doit pas faire plus de résistance, quand on le traîne sur sa plus grande surface, que lorsqu'il frotte par son côté le plus étroit ; parce que la pression qui vient de son poids, étant la même dans l'un & dans l'autre cas ; si dans le premier il y a plus de parties engagées, elles le sont moins profondément que dans le second. „

Ce raisonnement, qui ne conclut

III.  
LEÇON.

\* M. Amon-  
cons, hist.  
de l'Acad.  
des Scienc.  
1699. pag.  
104.  
Exp. de M.  
de la Hire.  
Ibid.

III.  
LEÇON.

\* V. l'Hist.  
de l'Acad.  
des Scienc.  
de 1703. f.  
108. &  
suiv.

roit pas seul, & auquel on peut en opposer bien d'autres, \* a été appuyé de quelques expériences très-ingénieuses, & en apparence très-favorables à l'opinion qu'on vient d'exposer ; mais dans une matière comme celle-ci , où l'on ne peut pas tirer des conséquences du particulier au général , il faut se régler sur ce qui arrive le plus ordinairement. Des épreuves réitérées m'ont presque toujours fait voir, comme à M. Muschenbroek , qui en a fait beaucoup en ce genre , qu'il falloit compter les surfaces pour quelque chose ; pour beaucoup moins cependant que les pressions ; quant au rapport des unes & des autres avec les effets , je n'ai rien trouvé d'assez constant , pour en pouvoir faire le fondement d'une exacte théorie.

Outre la pression & la grandeur des surfaces , on doit encore faire entrer la vitesse dans l'évaluation des frottemens ; car comme cette sorte de résistance vient des parties engagées qu'il faut rompre , ou qu'on ne peut dégager qu'en faisant céder la pression qui tient les surfaces appli-

quées l'une à l'autre ; il est évident III.  
 que la somme des résistances doit LEÇON.  
 être d'autant plus grande , que le  
 corps frottant aura plus de chemin  
 à faire dans un tems déterminé ; par-  
 ce qu'alors il faut que les parties en-  
 gagées se rompent en plus grand  
 nombre , ou se dégagent plus fré-  
 quemment.

Mais une chose très-remarquable ,  
 c'est que cette augmentation de ré-  
 sistance qui vient de la vitesse avec  
 laquelle on fait frotter les surfaces ,  
 a ses bornes , au-delà desquelles on  
 peut accélérer les mouvemens , sans  
 que les frottemens en deviennent plus  
 considérables ; ainsi l'on peut dire  
 en quelque façon , qu'en augmentant  
 la cause , on n'augmente plus son ef-  
 fet ; paradoxe qui mérite d'être ex-  
 pliqué.

Supposons que *DE* , *FG* , *Fig.*  
 8. représentent deux surfaces de corps  
 durs , dont les inégalités insensibles  
 soient engrenées les unes dans les  
 autres ; que la pression qui les joint ,  
 agisse dans la direction *AB* , perpen-  
 diculaire à celle du mouvement qui  
 fait glisser ces deux corps l'un sur l'au-

III.  
LEÇON.

tre. On voit bien que celui de dessus ne peut se mouvoir selon la direction  $BC$ , à moins que ses parties les plus élevées  $e$ ,  $f$ ,  $g$ ,  $h$ , ne se dégagent des creux dans lesquels elles sont enfoncées, ce qui ne se peut faire qu'autant que le corps entier  $DE$ , sera soulevé contre l'effort de la pression. Si cette pression est assez grande pour faire retomber ces parties qui ont été dégagées, dans les creux qui suivent immédiatement ceux qu'elles ont quittés, c'est-à-dire, que la partie  $e$ , sortant du 1. retombe au 2., au 3., &c. il est visible que l'effort qu'il faudra faire pour soulever le corps  $DE$ , ou (ce qui est la même chose,) pour désengrener les parties, se répétera autant de fois qu'il y a de ces petites élévations à la surface  $FG$ ; & plus le corps frottant fera de chemin dans un tems donné, sur celui auquel il est appliqué, plus ces soulèvements & ces rechûtes auront lieu; ainsi la résistance des frottemens augmentent par la vitesse, tant que cette vitesse n'empêche pas que les parties hautes d'une surface se logent successivement dans toutes les parties

basses de l'autre surface , de la manière qu'on vient de l'exposer.

III.  
LEÇON.

Mais il peut arriver que le mouvement qui se fait selon la direction  $BC$ , soit si rapide, que lorsque les parties saillantes  $e, f, g, h$ , ont été dégagées, elles soient entraînées d'une quantité considérable avant que la pression les engage de nouveau; que la partie  $e$ , par exemple, ayant quitté le 1. creux de la surface  $FG$ , au lieu de retomber dans le 2., soit transportée jusqu'au 3., ou jusqu'au 4., & alors on conçoit aisément que le corps frottant  $DE$ , pourra parcourir 2 ou 3 fois autant de surface sur  $FG$ , sans cependant que ses parties y soient plus fréquemment engagées.

Les expériences que je vais rapporter, feront voir ce qui m'a paru invariable dans les frottemens; 1<sup>re</sup>. Que le frottement de la première espèce fait beaucoup plus de résistance, que celui de la seconde. 2<sup>re</sup>. Que le frottement augmente par l'augmentation des surfaces, toutes choses égales d'ailleurs. 3<sup>re</sup>. Que la pression fait croître aussi la résistance du frottement, de quelque espèce qu'il



III.  
LEÇON. soit. 4. Qu'à proportions égales, la résistance des frottemens augmente plus considérablement par les pressions que par les surfaces.

## PREMIERE EXPERIENCE.

## PREPARATION.

La *Figure 9.* représente un instrument composé 1. de quatre rouleaux, 1, 2, 3, 4, suspendus par des pivots très-fins dans deux doubles montans *PP*; 2. d'un autre rouleau plus grand que les précédens, & dont l'axe *OO* a dans toute sa longueur environ 2 lignes & demi de diamètre, & se termine par deux pivots d'acier, qui roulent dans deux vis *QQ*, percées selon leur longueur, ou bien sur les deux intersections des deux paires de rouleaux; un ressort spiral fixé d'une part à l'un des doubles montans, & de l'autre à l'axe de ce dernier rouleau, le fait tourner alternativement sur deux sens, & l'on compte la durée du mouvement du rouleau par le nombre des vibrations du ressort: 3. d'une pièce *R*, représentée seule par la *Fig. 10.* qui repose sur l'axe

l'axe du rouleau , tantôt par une surface *s* , tantôt par deux autres *tt* , semblables à *s* ; & au bout de laquelle on attache un ou plusieurs petits poids , pour augmenter la pression sur l'axe. Quand on tend le ressort, on avance le levier *V* , pour appuyer un des croisillons du grand rouleau , afin d'être sûr du degré de tension, & pour le détendre avec justesse.

On met d'abord les pivots du rouleau dans les trous des vis *Q Q* , & ensuite on les fait reposer sur les intersections des rouleaux , sans charger l'axe avec la pièce *R* ; & dans l'une & dans l'autre épreuve, on a soin que le ressort soit tendu également.

## EFFETS.

Le ressort ayant été détendu, si dans le premier cas on a compté 29 ou 30 vibrations avant que le mouvement cesse entièrement ; dans le second on en compte environ 400, dont chacune dure près d'une seconde.

## EXPLICATIONS.

L'expérience précédente considérée dans les deux faits qu'elle établit,

III.  
LEÇON.

prouve visiblement que les frottemens, de quelque sorte qu'ils soient, détruisent le mouvement par une résistance qui ne diffère que du plus au moins. Mais elle fait voir en même tems, que des deux espèces de frottemens que nous avons distinguées, la première a des effets bien plus considérables que l'autre: quand les pivots tournent dans les vis percées, c'est un frottement de la première sorte; toute leur surface cylindrique passe successivement sur la partie inférieure de chacun des trous: quand au contraire ces mêmes pivots font tourner par leur mouvement les rouleaux qui les portent, ce n'est plus qu'un frottement de la seconde espèce; car alors la circonférence des uns ne fait plus que se développer sur celle des autres; la partie qui a touché, ne touche plus l'instant d'après, & celle qui la précède lui sert de point d'appui, pour se dégager suivant une direction favorable, comme la dent d'une rouë qui commence à engréner le pignon, favorise le désengrénage de celle qui avoit engréné avant elle.

Rien n'est si commun que les effets du frottement ; on les rencontre par-tout , & l'on peut dire en général que c'est la principale cause des altérations & du dépérissement que nous remarquons dans tous les ouvrages de l'art , & sur - tout dans ceux dont nous faisons un fréquent usage. Les habits, les meubles , les bijoux , les instrumens , &c. ne durent qu'un certain tems , parce que les frottemens, auxquels ils sont continuellement exposés , changent insensiblement les surfaces & les formes , & leur font perdre les qualités qui en dépendent. Les matières les plus dures & les plus solides , ne tiennent point contre un long service sans donner des marques de diminution ; un rasoir , un couteau , une hache , perdent bientôt le fil de leur tranchant ; le soc d'une charruë a besoin d'être réparé de tems en tems ; & le cheval dont le pied glisse sur le pavé, y laisse une trace où les yeux les moins attentifs ne peuvent méconnoître les parties de son fer , que le frottement

---

 III.  
LEÇON.

y a fait rester. Mais comme rien ne s'anéantit dans l'univers, toutes ces particules ainsi détachées de leurs masses, se mêlent avec différentes matières dans lesquelles elles se retrouvent lorsqu'on y pense le moins. De bons Physiciens ont été surpris de trouver du fer dans l'argile & dans la cendre des plantes, parce qu'ils ne faisoient point assez d'attention à la prodigieuse divisibilité des métaux en général, & en particulier à la dispersion continuelle qui se fait des parties de celui-ci, tant par les outils que l'on use à cultiver la terre, que par une infinité d'autres usages qui le mettent en état d'être répandu partout. D'autres plus attentifs à cette grande & continuelle consommation des ouvrages de fer, l'ont reconnu, ce métal, dans la bouë des grandes villes, & lui ont attribué la couleur noire qu'elles ont, & dont il est très-vraisemblablement la cause. Si l'or étoit aussi commun que le fer, & qu'on en fît un usage aussi fréquent & aussi étendu, ne doutons pas qu'on ne le rencontrât de même dans toutes les matières où l'on prendroit la

peine de le chercher avec soin ; mais celui qui l'auroit trouvé quelque part que ce pût être , seroit-il en droit de dire qu'il a fait de l'or ? pas plus , ce me semble , que celui qui trouve aujourd'hui du fer dans la cendre , ne peut se vanter d'avoir fait du fer. Parmi tous ces fameux Adeptes qui ont enrichi le monde de leurs promesses, s'il s'est trouvé quelque faiseur d'or qui le fût de bonne foi , c'est que dans un grand nombre de matières passées au creuset, il se sera trouvé par hazard quelque parcelle d'or qui ne devoit rien autre chose à l'opération de l'artiste, que d'avoir été séparée des corps étrangers dans lesquels elle étoit cachée. Faire de l'or de cette manière me paroît une chose possible ; mais je doute fort qu'on en fit assez pour payer la dépense du charbon.

Si les frottemens nuisent en beaucoup d'occasions , il y en a bien d'autres aussi où nous les mettons à profit ; les arts ont sçu tourner à leur avantage , jusques aux choses même qui semblent opposées à leur progrès. Une lime n'est autre chose qu'une surface hérissée exprès de pointes

III  
LEÇON.

& de tranchans ; son frottement sur les matières les plus dures , est un moyen très-commode de les figurer à son gré par une diminution de volume bien ménagée ; aussi cet outil est-il en usage dans un grand nombre de métiers. L'ouvrier intelligent qui l'emploie , tire du même moyen différens avantages suivant les modifications qu'il y met. Tantôt pour gagner du tems , il fait agir une lime dont l'âpreté exige plus de force de sa part ; tantôt il la choisit d'une taille plus fine , pour adoucir ce que la première n'a fait qu'ébaucher ; & enfin quand la plus douce de ses limes ne l'est point encore assez , il la frotte d'huile qui retient les parties du métal à mesure qu'elles se détachent ; par ce moyen les petits creux de l'outil se remplissent , de façon que ses pointes en deviennent plus courtes , & sa surface moins rude.

Ce que nous disons des limes, doit s'entendre des meules & autres pierres à aiguiser , qui n'en diffèrent , quant à l'effet du frottement, que par une plus grande dureté.

Les compas , & généralement tous

les instrumens à charnières, qui doivent rester ouverts ou fermés à différens degrés, tiennent pour l'ordinaire cette propriété d'un frottement bien égal; & l'on gagne beaucoup de tems dans l'usage qu'on en fait, quand on n'est point obligé de les fixer par d'autres moyens, comme lorsqu'on les arrête avec des vis ou autrement.

On diminue la résistance des frottemens, en enduisant les surfaces de quelque fluide ou de quelque matière grasse. On frotte de savon les bords d'une boîte dont le couvercle tient trop; on met de l'huile aux charnières pour en faciliter le jeu; on graisse les moyeux des rouës en dedans; ce sont autant de moyens par lesquels on remplit les inégalités les plus grossières des surfaces, & qui par conséquent les rendent plus lisses & plus propres à glisser l'une sur l'autre. D'ailleurs les parties de ces fluides ou de ces corps gras interposés, changent l'espèce du frottement: ce sont autant de petits globules qui roulent entre les surfaces qui leur servent de véhicule commun, & qui font en petit ce que nous voyons d'une ma-



nière plus sensible, quand on met des rouleaux sous une pierre, ou sous une poutre, pour en faciliter le transport.

## II. EXPERIENCE.

## PREPARATION.

On laisse les pivots du grand rouleau sur les intersections des 4 petits; & l'on tend le ressort au même degré que dans l'expérience précédente. On fait d'abord poser la pièce *R* sur l'axe du grand rouleau par une seule surface *s*, & avec son propre poids seulement; & ensuite on la retourne pour faire porter les deux surfaces *tt*, sans augmenter le poids, & l'on compte les vibrations dans l'un & dans l'autre cas.

## EFFETS.

Lorsque le frottement se fait par une seule surface, comme dans le premier cas, on compte 40 vibrations; lorsque la surface qui frotte est double comme dans le second, on n'en compte plus que 29 & demi; toutes choses étant égales d'ailleurs, ainsi qu'on l'a supposé.

L'inégalité des surfaces étant la cause première des frottemens, il est bien plausible qu'en augmentant l'étendue qui frotte, on doit faire croître aussi le nombre de ces inégalités; s'il se trouve quelque cas où cela n'arrive point sensiblement, ce sera sans doute une exception due à la disposition particulière des superficies, ou bien lorsqu'on emploiera une si grande quantité de mouvement que la résistance des frottemens deviendra trop peu considérable pour être mesurée, & par conséquent pour être comparée. Mais comme dans les grandes machines, où les frottemens sont d'une bien plus grande conséquence qu'ailleurs, les pièces ont toujours des surfaces assez rudes, nous croyons qu'on ne doit point négliger la quantité de leur étendue. On voit cependant par l'expérience précédente, que la résistance des frottemens, quoique dépendante en partie de la grandeur des surfaces, ne la suit pas dans toutes ses proportions. Dans l'un des deux cas cités la super-

---

 III.  
LEÇON.

ficie étant double , les frottemens ne sont point doublés : & il seroit très-difficile , pour ne rien dire de plus , de déterminer le rapport de ces résistances avec une quantité de surface donnée.

### APPLICATIONS.

Les frottemens considérés en raison des surfaces , retardent la vitesse de tous les corps indifféremment ; nous venons de le prouver pour les solides , & l'on peut remarquer tous les jours que la même chose se passe à l'égard des fluides , & des liqueurs. Les jets d'eau ne s'élèvent jamais à la hauteur à laquelle ils devroient monter , eu égard à leur quantité de mouvement ; & les rivières coulent plus lentement dans le tems des eaux basses.

L'eau qui est amenée par un tuyau & qui réjaillit en l'air , éprouve partout du frottement ; la surface intérieure & immobile du tuyau la retarde d'une part , & quand elle passe dans l'air , elle doit être regardée encore comme dans un autre tuyau , dont la surface ne diffère de l'autre

que par la rareté & par la mobilité de ses parties.

III.  
LEÇON.

Quoique la surface d'un gros tuyau soit plus grande que celle d'un plus étroit, elle est cependant moindre relativement à sa capacité; car c'est une chose démontrée, que celui qui a 2 pouces de diamètre ( nous parlons de tuyaux ronds & cylindriques) contient quatre fois plus d'eau que celui dont le diamètre n'est que d'un pouce; & que la circonférence du premier n'est que deux fois aussi grande que celle du dernier. On voit par là que dans des pareils tuyaux, le frottement qui vient des surfaces, diminue à mesure qu'on augmente la capacité; puisque si le volume d'eau qui est quadruple dans le plus gros, étoit contenu dans quatre semblables au petit, il répondroit à des surfaces dont la somme seroit double de celle qui le contient. L'expérience est tout-à-fait d'accord avec cette théorie; car plus on diminue la capacité des tuyaux dans les pompes, dans les aqueducs, dans les fontaines, &c. plus on trouve de retardement dans la vitesse des eaux.

---

 III.  
LEÇON.

C'est par la même raison , que les rivières sont plus rapides dans le tems des grandes eaux ; les frottemens qu'elles ont à vaincre de la part de leurs lits sont partagés alors à une masse plus considérable , & s'opposent moins par conséquent au mouvement du fluide.

## III. EXPERIENCE.

## PREPARATION.

L'instrument étant disposé comme dans l'expérience précédente , il faut que la pièce *R* repose sur l'axe du grand rouleau par la surface *s* , & attacher en *X* le petit poids *Y* qui double la pression.

## EFFETS.

Dans ce dernier cas on ne compte que 21 vibrations , quoique le ressort ait été tendu comme dans les épreuves précédentes.

## EXPLICATIONS.

Le poids qu'on ajoute augmentant la pression , fait croître au ssi le frottement , parce que les parties de

Surfaces qui s'engagent mutuellement s'enfoncent bien plus avant , & résistent davantage au mouvement qui tend à les séparer. On voit par cette dernière expérience , qu'une double pression fait plus qu'une surface augmentée de moitié ; car nous avons vû précédemment, qu'en faisant frotter deux surfaces au lieu d'une , le nombre de vibrations n'a été diminué que d'un quart , & nous voyons maintenant qu'en mettant la pression double , il ne se fait plus que 21 vibrations au lieu de 40 , ce qui est presque la moitié de diminution.

III.  
LEÇON.

#### APPLICATIONS.

Dans les grandes chaleurs les mouvemens d'horlogerie se rallentissent sensiblement ; cet accident qui dérange les pendules & les montres , dépend ordinairement de plusieurs causes qui concourent au même effet. Il en est une à laquelle on fait peu d'attention , mais qui mérite cependant d'être comptée comme les autres : c'est le frottement qui augmente par la pression à mesure que les pièces s'échauffent. Car on sçait , &

III.  
LEÇON.

nous le prouverons quand il en sera tems , que les métaux , ainsi que toutes les autres matières augmentent en volume par le chaud , comme ils diminuent de grandeur par le froid , la même cause dilatant les platines rend les trous plus étroits , & grossit les pivots , de manière que par ce double effet , le frottement augmente par pression , & le mouvement en est d'autant plus gêné.

Un Tourneur qui façonne un morceau de métal entre deux pointes fixes , est quelquefois surpris de sentir que sa pièce résiste au mouvement de l'archet après avoir tourné librement pendant quelques minutes ; c'est que le frottement augmente par la pression à mesure que le métal s'allonge en s'échauffant : aussi le remède le plus prompt & le plus en usage , c'est de le mouiller avec un peu d'eau pour le refroidir.

Le service que l'on tire des pinces , des tenailles , & de tout ce qui est analogue à ces instrumens , ne vient encore que d'un frottement augmenté par une forte pression.

Une remarque qu'il est à propos

de faire ici, c'est que les machines qui font leur effet en petit, ne le font pas toujours quand on vient à les exécuter en grand, quoiqu'on y garde les mêmes proportions : cela vient pour l'ordinaire de ce que les frottemens ne suivent point dans leur accroissement, la proportion des surfaces seulement, mais plutôt celles des pressions qui augmentent assez souvent, comme le poids ou la solidité des pièces : c'est-à-dire, par exemple, que si dans le modèle on avoit réduit toutes les dimensions au pouce pour pied, en construisant en grand, le chevron qui auroit 12 pieds de long, & 6 pouces d'écartissage, pèseroit 1728 fois autant que ce qui le représente en petit, s'il est de même matière. Cette considération qu'on ne peut négliger quand on a des principes, fait quelquefois juger défavantageusement d'une machine dont le succès paroît être assuré par l'expérience même.

DE tout ce que nous avons dit & prouvé touchant la résistance des milieux & des frottemens, il faut conclure que dans l'état naturel il ne



---

 III.  
LEÇON.

peut y avoir aucun mouvement mécanique inaltérable; 1<sup>re</sup>. parce qu'un corps ne peut se mouvoir que dans un espace, & qu'il n'y a aucun lieu parfaitement vuide de toute matière; 2<sup>de</sup>. parce qu'un corps, tel qu'il soit, ne peut exercer son mouvement que sur quelque surface, ou bien il faut le suspendre à quelque point fixe, autour duquel il se puisse mouvoir: dans l'un & dans l'autre cas il y a frottement, ou sur le plan, ou au point de suspension, ou dans le milieu même dans lequel il passe. La quantité du mouvement qu'on lui aura imprimée, sera donc nécessairement diminuée par ce double obstacle: ainsi pour se mouvoir perpétuellement, il faudroit qu'il prît à chaque instant de nouvelles forces, pour réparer celles qu'il perd; ce qui est contraire à la première loi du mouvement, qui veut qu'un mobile garde constamment l'état qu'on lui a fait prendre, si cet état n'est changé par une cause nouvelle. De-là il paroît évidemment démontré qu'il ne peut y avoir de mouvement perpétuel mécanique dans l'état naturel, & que ceux qui

qui le cherchent avec obstination ;  
& qui multiplient les frais dans cette  
vûë , perdent leur tems, leurs peines,  
& leurs dépenses.

III.  
LEÇON.

Si quelqu'un prend pour perpétuel, le mouvement d'une pendule qui continuë ses vibrations égales par le moyen d'un ressort ou d'un poids qu'on remonte au bout d'un tems, ou de toute autre chose équivalente , il n'entend pas l'état de la question ; car il s'agit d'un mouvement une fois imprimé , auquel on n'ajoute plus rien par la suite , & qui se suffise à lui même pour se perpétuer. Le ressort ou le poids par son effort constant , répare sans cesse le degré de vitesse perdu dans l'instant précédent , & cette réparation est une addition au mouvement primitif.

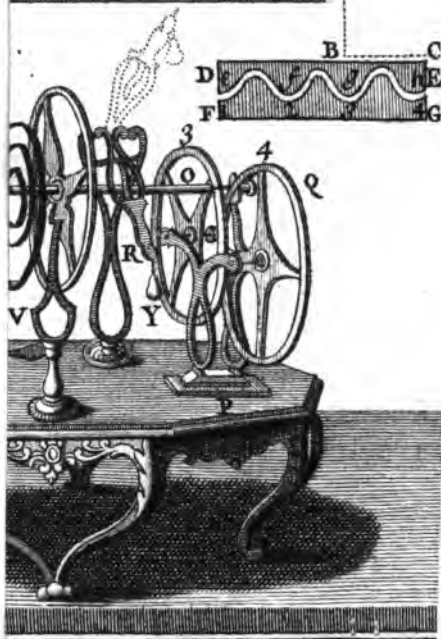
Ceux qui s'en laissent imposer par l'inspection d'une machine , ou par une prétendue démonstration géométrique , sur laquelle on s'appuie quelquefois , pour établir la découverte du mouvement perpétuel , sont les dupes de la mauvaise foi ou d'un paralogisme qui ne tiennent guère contre des gens instruits. Les

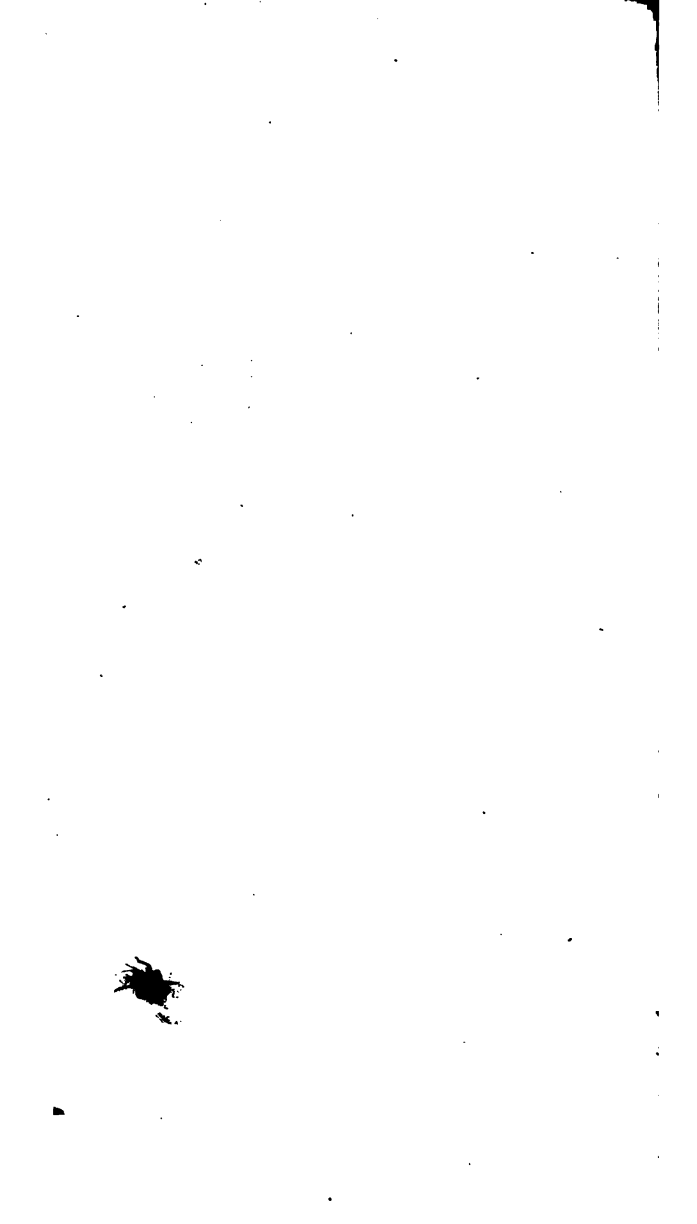
---

**III.  
LEÇON.**

mouvement perpétuel est la pierre philosophale de la mécanique ; ordinairement ceux qui s'y heurtent , ne sont pas fort initiés dans cette science , de même qu'une recherche obstinée de la quadrature du cercle, ou du grand œuvre , n'annoncent à présent ni un Géometre sublime , ni un habile Chymiste.









## I V. L E Ç O N.

*Suite des Loix du Mouvement  
simple.*

---

*Des causes qui changent la direc-  
tion du Mouvement.*

**A** PRÈS avoir enseigné dans la dernière section de la Leçon précédente, ce qui diminuë indispensablement la vitesse du mobile, il nous reste à faire connoître les causes qui changent sa direction, quand il ne garde pas celle qu'il avoit d'abord. Mais pour le faire d'une manière plus intelligible, nous commencerons par établir la seconde & la troisième loi du mouvement simple, sur lesquelles sont fondées la plupart des choses que nous avons à dire touchant cette matière.

*Seconde Loi du Mouvement  
simple.*

*Le changement qui arrive en plus ou en moins au mouvement d'un corps , est toujours proportionné à la cause qui le produit.*

Dans un mobile dont on suppose la masse constante , il n'y a de variables que sa vitesse & sa direction : pour changer l'une ou l'autre , il faut une force positive qui n'est point dans le mobile avant le changement , & qu'il n'a pas la faculté de se donner à lui-même. Cette force, quand elle agit , ne peut produire que ce dont elle est capable , ainsi l'on peut juger de sa valeur par celle de son effet. Comme une livre de plomb dans le bassin d'une balance , n'a ni plus ni moins que le poids d'une livre , on ne doit pas s'attendre que son action contre l'autre bassin excède, ou vaille moins qu'un pareil poids, si la balance est juste ; & réciproquement si ce dernier bassin est tenu en équilibre , on peut en toute sûreté conclure que le poids de l'autre part qui en est la cause , égale une livre.

### *Troisième Loi du Mouvement simple.*

IV.  
LEÇON.

*La réaction est égale à la compression.*

Lorsqu'un corps en mouvement , ou qui tend à se mouvoir , agit sur un autre corps , il le comprime , & ce dernier exerce réciproquement sur lui une compression égale. Quand avec le bout du doigt j'appuye sur un bassin vuide de balance , pour soulever une livre de plomb qui est dans l'autre bassin, c'est la même chose que si je recevois la livre de plomb sur le bout de mon doigt pour la soutenir. Qu'un homme sur le rivage tire son bateau à bord avec une corde , ou qu'il se tienne dans le bateau pour tirer la même corde attachée à un pieu sur le rivage , il s'ensuivra le même effet ; car la résistance ou la réaction du point fixe , égale l'action de celui qui agit contre elle.

Examinons maintenant comment un mobile change de direction , & quelle règle il suit dans ce changement.

Quand un corps en mouvement change de direction , c'est qu'il y est



**IV.** forcé par un obstacle ; car selon la  
**LEÇON.** première loi, il tend de lui-même à persévérer dans son état ; mais cet obstacle peut être une matière fluide , dans laquelle il s'ouvre un passage ; ou bien un corps solide qui lui oppose toute sa masse à cause de la liaison de ses parties. Une pierre jetée dans l'eau nous représente le premier cas ; une balle de paume lancée contre la muraille , est un exemple du second.

---

## PREMIERE SECTION.

*Du changement de Direction occasionné par la rencontre d'une matière fluide.*

**S**I le mobile que l'on a déterminé vers un certain point, vient à rencontrer quelque matière fluide , ou comme telle à son égard , il ne fait que passer d'un milieu dans un autre ; & ordinairement ces milieux ne sont point également pénétrables pour lui , soit par la différence de leurs densités , soit par quelque autre cas-

se qu'il n'est point tems d'examiner 1 V.  
ici. Ce plus ou moins de résistance LEÇON.  
qu'il éprouve en entrant dans le nouveau milieu, ne manque point de lui faire quitter sa première direction, toutes les fois qu'il entre obliquement; & ce changement se nomme *réfraction*, pour faire entendre que la direction du mobile est comme brisée à l'endroit où les deux milieux se joignent. Eclaircissons ceci par une figure, & par quelques exemples.

Supposons un grand bassin plein d'eau dont la coupe soit représentée par  $ABCD$ , *Fig. 1.* & une pierre, ou tout autre corps dur  $E$ , placé dans l'air, & que l'on dirige vers la surface de l'eau avec assez de vitesse pour l'y faire entrer, & l'y faire continuer son mouvement.

Pour cet effet, on ne peut diriger cette pierre que de deux manières; sçavoir par la ligne perpendiculaire  $PF$ , ou bien par une ligne oblique prise entre  $PF$ , &  $CF$ . Car il est évident que si elle suivoit  $CF$ , ou sa parallèle, elle n'entreroit jamais dans l'eau, ou (ce qui est la même chose) elle ne changeroit point de milieu.

---

 IV.  
LEÇON.

Si le corps  $E$  vient à la surface de l'eau par la ligne  $PF$ , il continuë de se mouvoir par  $Fp$ , & sa direction ne reçoit aucun changement.

Mais s'il suit une ligne oblique comme  $eF$ ; dès qu'il sera parvenu en  $F$ , l'eau sera pour lui un milieu réfringent: au lieu de continuer son mouvement par  $FG$ , il prendra une nouvelle direction qui sera entre  $FG$  &  $FA$ , telle, par exemple, que  $FH$ . C'est-à-dire, que la pierre, ou en général le mobile, souffrira réfraction. & que cette réfraction l'éloignera de la perpendiculaire imaginée  $Fp$ , plus qu'il n'auroit fait, s'il avoit continué de se mouvoir selon sa première direction.

La réfraction se feroit en sens contraire, si le mobile passoit d'un milieu plus résistant, dans un autre qui le fût moins, par exemple, s'il sortoit de l'eau pour entrer dans l'air: de façon que s'il avoit décrit la ligne  $HF$ , il ne continueroit point par  $FK$ , ni par aucune autre entre  $K$  &  $C$ , mais la réfraction qu'il souffriroit en  $F$ , le détermineroit dans une nouvelle direction entre  $K$  &  $P$ , ce qui l'approcheroit.

cheroit davantage de la perpendiculaire *P F*.

---

IV.  
LEÇON.

Pour ôter toute équivoque sur cette perpendiculaire que l'on prend pour terme de comparaison, lorsqu'on veut exprimer en quel sens se fait la réfraction; il est bon d'observer qu'elle n'a rien de commun avec l'horizon, qu'autant que la surface du milieu réfringent, est horizontale, comme il arrive, quand c'est un liquide en repos; car c'est toujours de la perpendiculaire à cette surface qu'il s'agit, dans quelque position que puisse être le milieu qui cause la réfraction. Si, par exemple, au lieu d'une eau dormante, telle que nous l'avons supposée, on choisiroit celle d'une cascade, ou d'une rivière qui eût une pente considérable, pour y lancer une pierre; la perpendiculaire à laquelle on rapporteroit la direction de ce corps, tant avant qu'après son entrée dans l'eau, seroit une ligne inclinée à l'horizon; elle seroit même horizontale, si la surface réfringente étoit verticale.

La réfraction dépend donc de deux conditions, sans l'une ou l'autre

**IV.**  
**LEÇON.**

desquelles elle n'a plus lieu : la première est l'obliquité d'incidence de la part du mobile ; la seconde , qu'il y ait plus de résistance dans un milieu que dans l'autre : prouvons d'abord ceci par des faits , & tâchons ensuite d'en faire connoître la cause.

**PREMIERE EXPERIENCE.**

**PREPARATION.**

La machine qui est représentée par la *Fig. 2.* porte à deux pieds & demi au-dessus de sa base un petit canon de cuivre *I*, par lequel on fait tomber une balle de plomb du poids d'une once environ , dans un vase de crystal *L* , qui a 12 ou 14 pouces de hauteur , & au fond duquel on a étendu un lit de terre glaise , ou de cire molle , d'un pouce d'épaisseur.

La balle ayant marqué sa place par cette première chute , on la fait tomber de même une seconde fois , après avoir rempli d'eau le vaisseau *L*.

**EFFETS.**

On trouve la balle de plomb après

la seconde chute , dans le même endroit qu'elle avoit marqué en tombant la première fois.

## EXPLICATIONS.

Il paroît par cette expérience , que la balle de plomb a toujours conservé sa première direction , soit qu'elle fît tout son mouvement dans l'air , soit qu'elle tombât en passant de l'air dans l'eau. Mais par quelle raison se seroit-elle détournée , si les obstacles qu'elle a rencontrés , se sont toujours opposés également de toutes parts ; si l'effort de sa pesanteur à qui elle obéissoit , n'a jamais eu à vaincre que des résistances qui cédoient toutes ensemble avec la même facilité , ou qui la retardoient avec des quantités égales ? Considérons cette balle dans les différens instans de sa chute.

1°. Lorsqu'elle est encore entièrement dans l'air , ce fluide qu'on suppose en repos , & d'une densité uniforme autour du mobile , ne fait que retarder sa vitesse. Mais cette résistance n'influe en rien sur la direction , puisqu'elle agit indifféremment en toutes sortes de sens.

IV.  
LEÇON.

2°. On peut dire la même chose en considérant la balle dans le tems qu'elle est entièrement plongée dans l'eau, car la difficulté qu'elle trouve à s'ouvrir un passage dans ce liquide, quoique plus grande que dans l'air, ne l'empêche point de tendre au même but, mais seulement d'y arriver avec autant de vitesse qu'elle en auroit dans un milieu moins résistant.

3°. Enfin, si l'on examine ce qui se fait pendant que la balle passe de l'air dans l'eau, & qu'elle est encore partie dans l'un, & partie dans l'autre de ces deux milieux; on concevra facilement que cette immersion ne doit rien changer à sa première direction.

Car lorsque le corps *M*, *Fig. 3.* descend par la ligne *Pp*; toutes les parties de la surface décrivent des parallèles comme *NT*, *nt* & la résistance du milieu s'exerce sur tout l'hémisphère *NO n*. Quand il commence à se plonger, l'eau résiste directement en *O*; & à mesure qu'il s'enfonce, les parties *OS*, *SR*, *RN*, & leurs correspondantes *Os*, *sr*, *rn*, participent successivement à la résis-

tance du nouveau milieu. Mais comme ces différentes parties forment des plans plus obliques les uns que les autres depuis  $O$  jusqu'en  $N$ , de part & d'autre ; la résistance de l'eau pendant cette dernière immersion, augmente par des quantités qui vont toujours en décroissant.

IV.  
LEÇON.

Dans tout ceci l'on n'apperoit aucune cause qui doive faire perdre au corps  $M$ , sa première direction ; en conséquence de sa figure sphérique, les obstacles qui se rencontrent en  $N$ , en  $R$ , en  $S$ , &c. sont justement compensés par les résistances qui s'opposent aux parties  $n$ ,  $r$ ,  $s$ , &c. & cet équilibre maintient toujours le centre  $M$  dans la ligne  $Pp$ , Cette expérience prouve donc que l'obliquité d'incidence de la part du mobile, est absolument nécessaire pour la réfraction, puisque sans elle il continuë son mouvement suivant sa première direction, quoiqu'il passe d'un milieu moins résistant dans un autre milieu qui l'est plus.

#### APPLICATIONS.

Un corps grave que son propre

Z iij



IV.  
LEÇON.

poids fait tomber dans l'eau , doit se trouver au fond dans un endroit qui réponde perpendiculairement à celui de la surface par lequel il a passé en tombant. Mais 1°. il faut supposer pour cela que le fluide étoit en repos pendant le tems de la chute. Car on sçait que ce qui tombe dans une riviere ou dans un torrent , est entraîné par le courant de l'eau en même tems qu'il obéit à la force de sa pesanteur. C'est pourquoi les gens qui se noyent dans les eaux qui coulent , ne se trouvent jamais vis-à-vis du lieu où ils ont commencé à disparaître.

2°. La figure du corps qui s'enfonce dans un fluide , contribuë beaucoup , ou à lui faire garder , ou à lui faire perdre sa premiere direction indépendamment de la réfraction ; car cette figure peut être telle qu'elle occasionne des inégalités dans la résistance du même fluide. Si , par exemple , au lieu de faire tomber dans l'eau un corps sphérique , tel que celui de notre expérience , on se servoit d'un hémisphère ou de quelque chose semblable , & qu'on le diri-

geât parallèlement à sa partie plane ; il suit de l'explication que nous avons donnée ci-dessus , que ce dernier mobile plus arrêté d'un côté que de l'autre par le fluide qu'il divise , à cause de sa figure , ne garderoit point sa première direction , & qu'il décriroit une ligne courbe , quoique dans un milieu très-uniforme.

IV.  
LEÇON.

C'est une chose qui se trouve bien confirmée par une expérience aussi simple que fréquente. Toutes les fois qu'on jette horizontalement quelque corps tranchant & convexe d'un côté , comme une écaille d'huître , ou toute autre chose équivalente , on ne le voit jamais suivre la direction qu'on lui a donnée ; & si l'on a tourné la convexité en embas , on remarque très-souvent qu'il s'élève malgré le penchant de son propre poids.

On peut observer aussi que les oiseaux pesants , comme les corbeaux , les pigeons , les pies , &c. quand ils s'abattent après un long vol , ne manquent point de courber leurs ailes & leur queue , pour se donner une figure convexe en-dessous ; ce

---

 IV.  
LEÇON.

qui les dirige nécessairement dans une courbe fort allongée qui adoucit leur chute. Ces mêmes oiseaux au contraire se posent d'une manière pesante, & se heurtent souvent contre la terre, lorsqu'ils sont trop jeunes, parce qu'ils descendent par une ligne moins inclinée à l'horizon, soit qu'ils ne sçachent point encore prendre une figure qui les dirige autrement, soit que leurs plumes encore trop courtes, ou leurs membres trop foibles; ne le leur permettent pas.

## II. EXPÉRIENCE.

## P R E P A R A T I O N.

*ABC*; *Fig. 4.* est un quart de cercle, auquel on a fixé un canon de fusil, sur le rayon *AB*, & que l'on a attaché à une muraille, ou à quelque chose d'inébranlable, de manière cependant qu'il puisse tourner sur le point *B*; à 18 ou 20 pieds de distance, est un baquet ou une baignoire de 4 ou 5 pieds de longueur, pleine d'eau, dont on couvre la surface avec une gaze tendue, ou avec de grandes feuilles de papier. *F* est un

Chassis garni de gaze ou de papier, qui a environ 18. pouces de hauteur & 1 pied de largeur. Ce chassis s'élève perpendiculairement à la surface de l'eau ; & sa base  $D E$ , qui est une planche un peu pesante, se place sur les bords du baquet, à une distance suffisante de son extrémité  $G$ . Il faut avoir soin de revêtir le petit côté  $G$  du baquet avec une planche de sapin fort épaisse & bien unie, qui le préserve d'accident, & sur laquelle on puisse appercevoir l'impression d'une balle. Enfin, tout étant ainsi disposé : on charge le canon avec de la poudre en suffisante quantité, & avec une balle de plomb, qui soit de calibre, s'il est possible ; on le dirige vers le point  $I$ , de manière qu'il fasse avec la surface de l'eau un angle de 30 ou 40 degrés, & l'on y met le feu avec une petite mèche placée en  $a$ . Voyez la figure citée.

IV.  
LEÇON.

## E F F E T S.

- La balle après avoir percé les deux gazes en  $I$  & en  $K$ , au lieu de continuer son mouvement dans cette direction pour venir en  $L$ , va frapper

la planche de sapin en  $H$ , par une ligne qui fait angle avec la première qu'elle a suivie en venant d' $A$  en  $K$  : ce que l'on apperçoit facilement en faisant écouler l'eau du baquet ; & en plaçant l'œil ensuite en  $I$  ; car on remarque que le point  $H$  est sensiblement au-dessus de sa première direction, & que la réfraction qu'elle a soufferte au point  $K$ , en entrant dans l'eau, l'a éloignée de la perpendiculaire  $Pp$ , plus qu'elle ne l'auroit été, si elle avoit continué de se mouvoir directement jusqu'en  $L$ .

## EXPLICATIONS.

C'est une suite des loix du mouvement, qu'un mobile se porte toujours du côté où il trouve moins de résistance ; car l'effet étant proportionnel à sa cause, un corps qui rencontre en même tems deux obstacles, doit souffrir davantage de celui qui est le plus fort, & vaincre aussi plus aisément celui qui l'est moins : or vaincre plus aisément un obstacle, c'est le repousser d'une certaine quantité en moins de tems, ou le repousser davantage dans un tems déter-

**miné.** Car un obstacle, tel qu'il soit, ne cède jamais sensiblement dans un instant indivisible; le plus foible est donc celui qui se laisse vaincre dans un tems plus court.

L'air & l'eau dans lesquels la balle de notre expérience a passé successivement, ont fait obstacle l'un après l'autre à son mouvement; mais tant qu'elle a été entièrement dans l'un ou dans l'autre de ces deux milieux, la résistance ayant été également dispersée à toutes les parties de l'hémisphère antérieur, comme nous l'avons fait voir dans l'explication de la première expérience, sa direction n'a point dû changer; les obstacles, ou les parties résistantes du fluide se faisant équilibre de part & d'autre, elle a dû persévérer constamment dans la ligne *AK*, & ensuite dans la ligne *KH*.

Si l'égalité des obstacles contre toutes les parties de l'hémisphère antérieur *no p*, *Fig. 5.* entretient le corps *m* dans sa direction, tant qu'il est dans un seul & même milieu; il est évident qu'en passant obliquement de l'air dans l'eau, ce même hémisphère, pen-

---

 IV.  
LEÇON.

dant tout le tems de son immersion ; rencontre des obstacles plus difficiles à vaincre d'un côté que de l'autre de sa surface. Car , par exemple , le point  $R$  venant à toucher l'eau , éprouve plus de résistance que le point  $Q$  , qui ne rencontre encore que de l'air. Ainsi l'équilibre étant rompu entre les obstacles de part & d'autre , le centre  $M$  se porte du côté des plus foibles , & commence à s'écarter de sa premiere direction  $ST$ . Mais comme la différence qu'il y a entre la résistance de l'eau & celle de l'air , est principalement fondée sur le tems qu'il faut employer pour repousser l'un ou l'autre de ces deux fluides , cette différence augmente à mesure que la vitesse du mobile diminuë ; car si la balle de plomb repoussoit l'air & l'eau avec une vitesse infinie , leurs résistances étant nulles , ou infiniment petites , il n'y auroit point de différence entre elles.

Le mouvement du corps  $M$  rallenti de plus en plus par son immersion dans l'eau , doit donc se ressentir de cette différence augmentée entre la résistance qui se fait en la partie  $ORP$  ,

& celle qui agit contre  $OQN$ . Ainsi le centre  $M$  doit abandonner de plus en plus sa première direction, & descendre par une petite ligne courbe, dont le dernier élément commence la nouvelle direction  $VX$ , que la balle suit après son immersion.

IV.  
LEÇON.

# APPLICATIONS.

L'expérience précédente nous conduit naturellement à une remarque qui peut être de quelque utilité à ceux qui veulent tuer du poisson à coups de fusil. Quelque bons tireurs qu'ils puissent être, ils manqueroient souvent leur proie, s'ils obmettoient d'avoir égard à la réfraction que doit souffrir le plomb en entrant dans l'eau. Ce que nous avons fait voir ci-dessus, prouve qu'il faut tirer plus bas que l'objet, puisque le coup se relève toujours dans l'eau, quand on tire obliquement. A la vérité, comme on ne peut tirer qu'à une petite profondeur, à cause de la grande résistance de l'eau, & que la pesanteur du plomb dont la vitesse est affoiblie, détruit une partie de la réfraction en le faisant baisser; comme d'ailleurs



---

 IV.  
LEÇON.

on doit supposer que l'objet qu'on se propose de toucher , à une certaine étendue , il semble que dans la pratique ce changement de direction qu'éprouve le plomb en entrant dans l'eau , n'est point une chose fort importante par elle-même , & qu'on pourroit la négliger. Mais il faut faire attention que le poisson que nous voulons tirer , ne se voit que par des rayons de lumière qui viennent de lui à nous , qui passent obliquement de l'eau dans l'air , & qui étant par conséquent dans le cas de la réfraction , ne nous représentent point l'objet dans le vrai lieu où il est. Ajoutez à cela , (& c'est ce qu'il y a de plus nécessaire à remarquer , ) que la réfraction de la lumière se fait en sens contraire de celle des autres corps , comme nous le ferons voir en traitant de l'optique , de sorte que le lieu apparent du poisson est plus élevé que son lieu réel : ce qui donne de nouvelles forces à la raison qu'on auroit de tirer plus bas , quand on n'auroit égard qu'à la réfraction du plomb.

Quoique les réfractions s'observent

le plus ordinairement dans des milieux fluides, on peut dire en général qu'elles ont lieu dans tous les corps, mêmes solides, lorsque le mobile qui les pénètre, y rencontre obliquement des couches de matières plus résistantes les unes que les autres. Il arrive, par exemple, très-souvent, lorsqu'on veut percer une planche avec un poinçon, ou avec une aiguille mince & flexible, que le fer se courbe, & ne suit point sa direction qu'on s'est efforcé de lui donner : c'est que la pointe a rencontré obliquement des parties plus dures les unes que les autres, comme il est aisé d'en remarquer dans le sapin, où ces sortes de réfractions se font souvent; car on a de la peine à y chasser un clou selon son gré, sur-tout s'il est long & mince.

La réfraction est susceptible de plus & de moins. Nous avons vû qu'elle est nulle, lorsque la direction du mobile est perpendiculaire à la surface du milieu réfringent; elle commence avec l'obliquité d'incidence, & elle augmente avec elle, & proportionnellement à elle. Car la balle qui tombe par *S. T. Fig. 5.* souffre moins

IV.  
LEÇON.

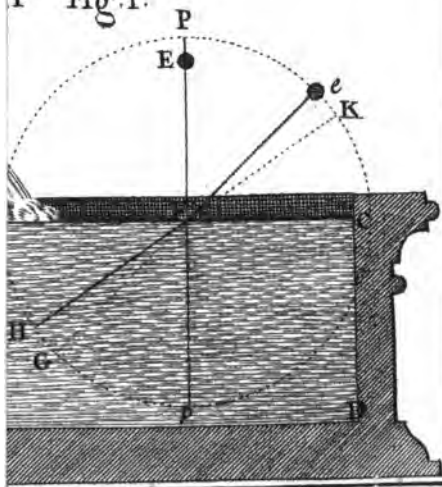
de réfraction que celle qui est dirigée par  $st$  ; & si l'on se rappelle ce que nous avons dit pour rendre raison de la réfraction en général , on appercevra facilement , & par l'inspection seule de la figure, que la cause de cet effet augmente à mesure que l'immersion devient plus oblique. Car on voit que plus la direction est inclinée à la surface de l'eau , plus la partie  $OQN$  de l'hémisphère antérieur est de tems dans l'air ; & par conséquent , plus les résistances qui se font de la part de l'eau en la partie  $ORP$  , ont l'avantage sur celles qui agissent contre les points correspondans  $OQN$ .

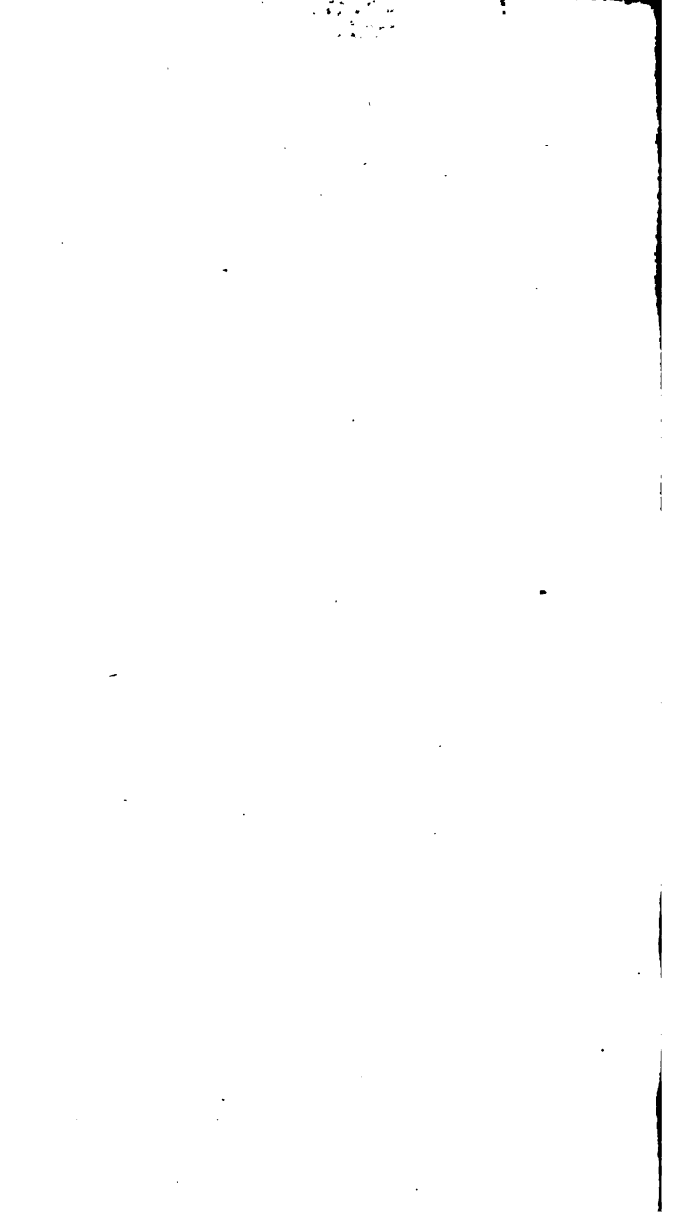
Mais dans quelque degré que l'on considère la réfraction , on la trouve toujours proportionnelle à l'incidence du mobile , quand les milieux ne changent point ; & l'on en juge en comparant les angles d'incidence  $ACP$  &  $BFD$  , *Fig. 6.* , avec ceux de réfraction  $aCp$  &  $bFd$  , que l'on mesure par les lignes  $PA$  ,  $ap$  , qui en sont les sinus ; car si  $PA$  est à  $ap$  , comme 2. est à 3. , les deux lignes semblables  $DB$  &  $db$  , qui représentent le

Fig. 3.



P Fig. 1.





Le cas d'une réfraction plus grande, sont encore dans le même rapport entre elles.

Nous n'entreprendrons point de prouver ceci par des expériences ; la difficulté de diriger des corps graves dans des lignes parfaitement droites & obliques à la direction naturelle de leur pesanteur , ne nous le permet pas. Nous aurons lieu de le faire commodément , en traitant de la lumière qui n'a pas cet inconvénient.

Nous ajouterons seulement, & nous le prouverons par le fait , que quand l'incidence est parvenue à un certain point d'obliquité , la réfraction se fait hors du milieu réfringent , [ ce que l'on nomme alors *réflexion* , ] de manière, par exemple, qu'une pierre, ou une balle de plomb , au lieu de passer de l'air dans l'eau , comme nous l'avons vû précédemment , se relève après avoir touché la surface , & forme avec elle un angle presque semblable à celui qu'elle avoit fait en tombant. Voyez la *Fig. 7.*

## PRÉPARATION.

Il faut disposer le quart de cercle de la *Fig. 4.* de manière que le canon & sa ligne de direction *M N.* *Fig. 7.* fassent avec la surface de l'eau *N P*, un angle d'environ 5 degrés, placer à l'autre bout du baquet une planche de bois tendre *S*, qui s'élève perpendiculairement à la surface de l'eau, & qui se présente de face à la longueur du même baquet; il faut aussi placer à fleur d'eau un châssis de gaze, qui ait environ un pied de longueur. Le canon ayant été chargé comme précédemment, il faut y mettre le feu.

## EFFETS.

La balle de plomb étant parvenue en *N*, au lieu d'entrer dans l'eau, & d'y souffrir une réfraction, comme dans la seconde expérience, rejaillit du point de contact, & va frapper la planche en *S*, faisant son angle de réflexion *ONS*, à peu près égal à celui de son incidence *M N P*.

## EXPLICATIONS.

IV.  
LEÇON.

En expliquant ci-dessus les causes de la réfraction, nous avons fait connoître que la résistance du milieu contre une boule qui se meut en ligne droite, s'exerce sur la moitié de la surface sphérique *NO n*, *Figure 3.* nous avons fait voir aussi en expliquant la seconde expérience, que quand cet hémisphère vient à toucher en même tems deux milieux dont l'un résiste plus que l'autre, le corps entier dont il fait partie, se porte davantage du côté du plus foible. De-là il suit que cette déviation doit être d'autant plus grande, que les fluides résistans diffèrent plus entre eux, & que les plus foibles des deux occupe une plus grande partie de l'hémisphère *PROQN* *Fig. 5.* La résistance de l'air est très-petite, ou dure très-peu en comparaison de celle de l'eau, & quand la balle de plomb est dirigée par une ligne fort inclinée, comme dans notre expérience, on peut voir par la *Figure* que la partie qui répond à l'air, est



beaucoup plus grande que celle qui touche l'eau. Ainsi l'excès de résistance de la part de ce dernier milieu, devient comme un point fixe qui refuse le passage au mobile, assez longtemps pour lui donner lieu de continuer son mouvement dans l'air, qui lui cède très-promptement.

Jusqu'ici l'on voit assez bien pourquoi la balle n'entre point dans l'eau, & par quelle raison elle achève son mouvement dans l'air, après avoir touché par une direction fort oblique le milieu le plus résistant. Mais il faut convenir que ce que nous avons dit ne suffit pas pour faire entendre ce qui la détermine à remonter de bas en haut, par une autre direction oblique, qui se trouve dans le même plan que celle de son incidence : car de ce qu'elle doit achever son mouvement dans l'air, il ne s'ensuit pas qu'elle soit obligée de s'élever après avoir descendu ; s'il n'y avoit aucune cause pour produire cet effet, il paroît qu'on ne devroit s'attendre qu'à voir glisser ou rouler cette balle sur la surface de l'eau, quand une fois elle y seroit parvenue, & qu'il

Qui resteroit assez de vitesse pour rendre l'effet de sa pesanteur insensible. En un mot, tout ce que peut faire la résistance de l'eau, c'est d'interdire le passage au mobile; mais en ne considérant en elle qu'un obstacle invincible, on ne voit pas qu'elle puisse déterminer à monter, ce qui jusqu'au point de contact est bien déterminé à descendre. Il y a donc quelque chose de plus à considérer, soit dans l'eau qui réfléchit, soit dans la balle qui souffre cette réflexion; ou bien dans l'une & dans l'autre, relativement aux circonstances où elles se trouvent dans notre expérience. Mais comme ce qui se passe ici à la rencontre d'une surface fluide dans le cas d'une incidence fort oblique arrive toujours, quand un mobile tombe sur un plan solide à telle inclination que ce soit; nous remettons à en examiner la cause en parlant du mouvement réfléchi dans la section suivante: il nous suffira pour le présent d'avoir fait connoître qu'il y a telle obliquité d'incidence où la surface de l'eau se comporte à l'égard d'une balle de plomb, ou de tout au-

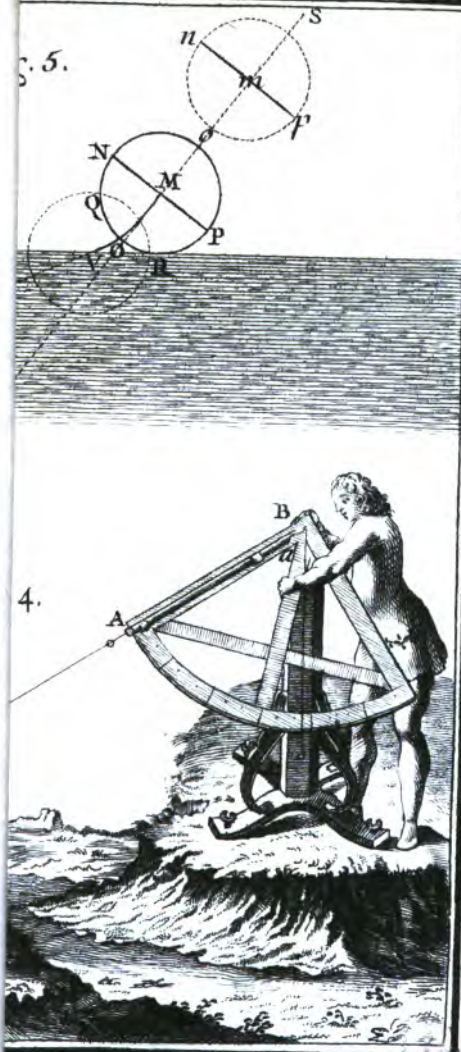
IV.  
LEÇON. tre corps dur , comme un plan solide  
& impénétrable.

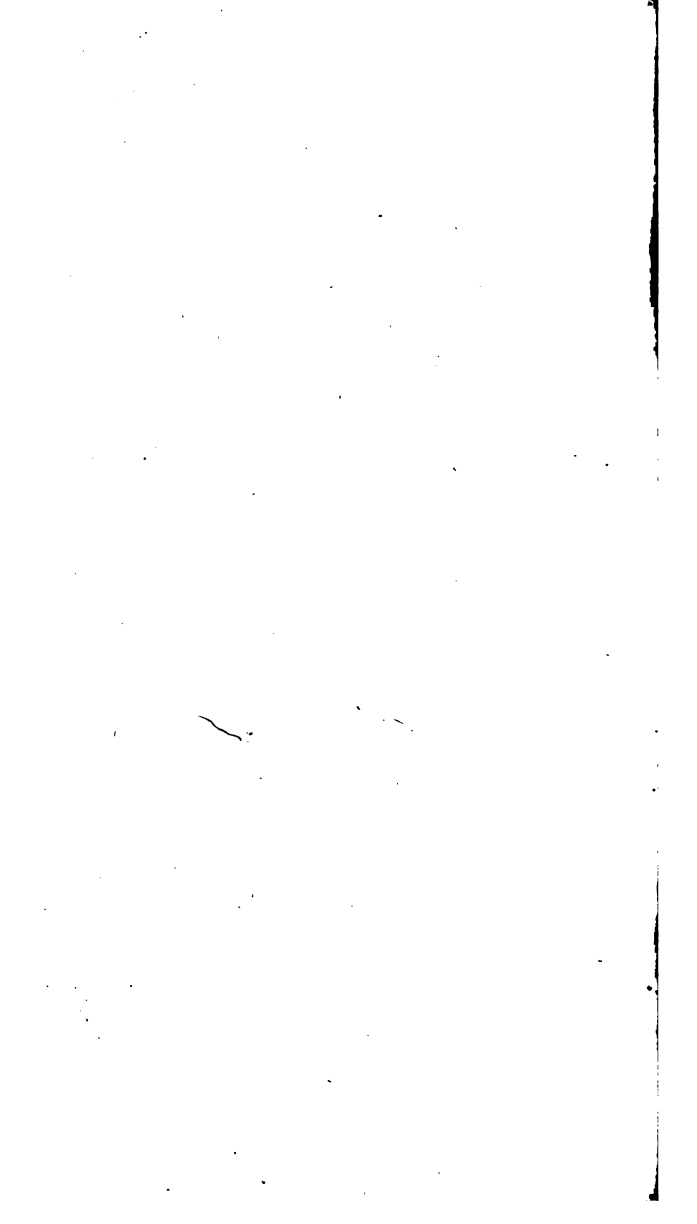
## APPLICATIONS.

L'expérience que nous venons d'expliquer , doit servir de règle à ceux qui tirent dans l'eau. S'ils ne tirent pas de fort près ou d'un lieu élevé , la direction du coup peut devenir trop oblique , & le plomb pourroit bien ne pas entrer dans l'eau. Telle personne qui se croiroit en sûreté sur le rivage opposé , courroit risque d'être blessée : & c'est toujours une précaution fort sage , de ne se point rencontrer dans le plan de la réflexion. Dans un combat naval , combien de boulets de canon voit-on se relever ainsi , après avoir touché la mer , & faire par un mouvement réfléchi ce qui sembleroit devoir manquer par leur première direction !

Mais sans aller chercher des exemples si terribles , un jeu d'enfans que tout le monde connoît sous le nom de *ricochets* , nous montre la même chose avec moins de danger. Une pierre un peu tranchante par les

§. 5.





bords , plus épaisse du milieu , & lancée fort obliquement à la surface de l'eau , se relève du point de contact par les raisons que nous avons rapportées ; & si elle a reçu une quantité suffisante de mouvement , lorsque son propre poids la détermine de nouveau dans une incidence oblique , il donne occasion à une nouvelle réflexion qui se réitère souvent 5. ou 6 fois de suite.

IV.  
LEÇON.

Des expériences que j'ai répétées avec soin , mais que je n'ai point encore eû occasion de faire assez en grand , pour voir jusqu'à quel point la pratique s'approche de la théorie , m'ont déjà fait voir que la surface de l'eau ne commence point à réfléchir sous le même angle , ou à pareille obliquité d'incidence , toutes sortes de corps indifféremment. J'ai remarqué qu'une balle de 6. lignes de diamètre entroit dans l'eau , quand sa direction faisoit un angle de 6 degrés avec la surface , tandis qu'une plus grosse , à pareille incidence , étoit réfléchie : & je ne doute pas qu'un boulet de canon ne le soit sous un angle beaucoup plus ouvert , & que cela

---

 IV.  
LEÇON.

ne varie autant que le diamètre des boulets. Car la résistance de l'eau est d'autant plus grande, que les parties choquées sont en plus grand nombre; quand un mobile sphérique tombe sur sa surface, & vient à la toucher avec un mouvement considérable, on ne doit point croire que ce soit par un seul point, c'est toujours par un segment, & ce segment éprouve d'autant plus de résistance, qu'il fait partie d'une sphère plus grande; parce qu'ayant plus d'étendue avec moins de convexité, il heurte plus directement, & un plus grand nombre de parties d'eau.

Après avoir examiné les changemens qui arrivent à la direction d'un mobile, quand il rencontre un obstacle qu'il peut pénétrer, ou dans lequel il peut continuer son mouvement; voyons maintenant ce qui arrive à ce même mobile, quand l'obstacle est un corps solide qui lui refuse le passage.



Fig. 6.

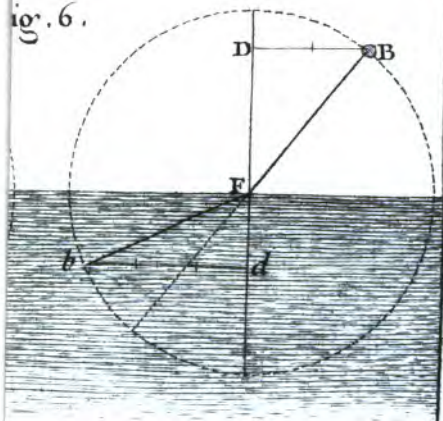
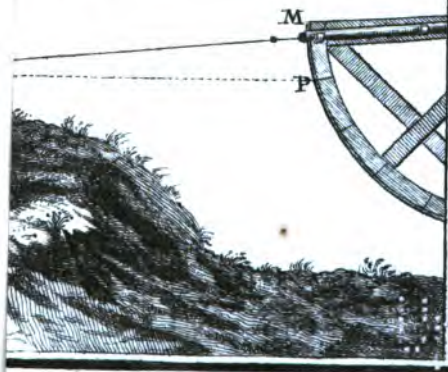
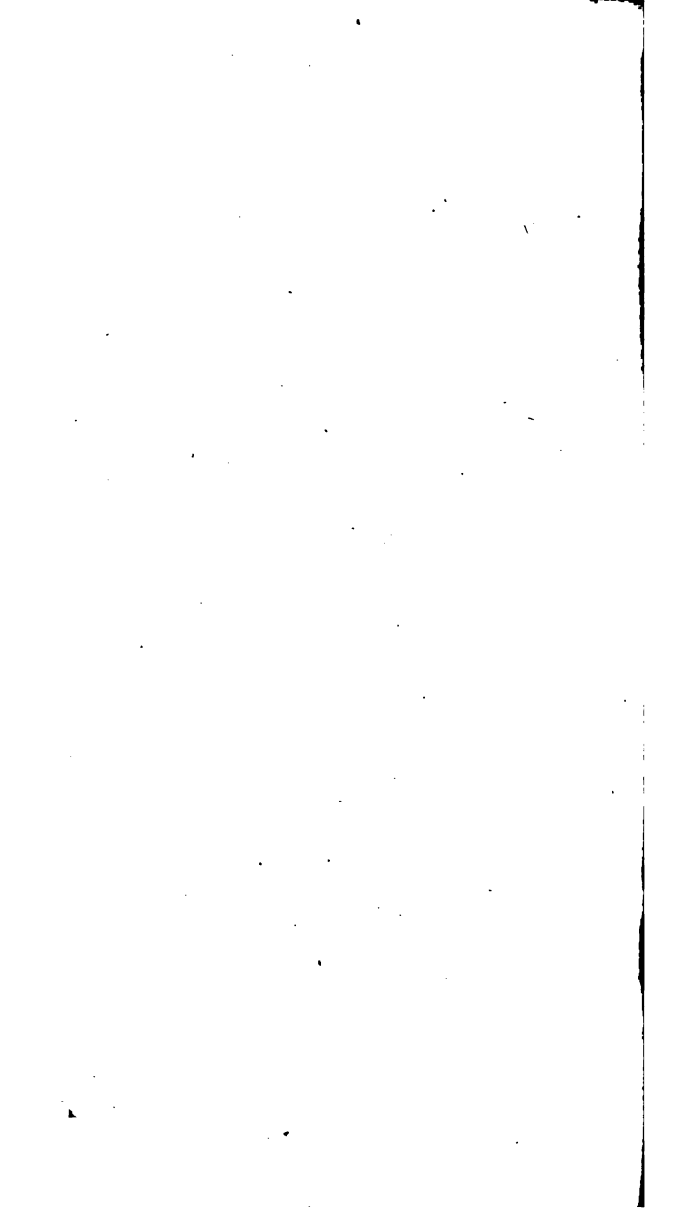


Fig. 7.







## II. SECTION.

IV.  
LEÇON.*Du Mouvement réfléchi.*

Nous avons supposé dans la section précédente, que ce qui tenoit à changer la direction du mobile, étoit une matière qu'il pouvoit pénétrer, & dans laquelle il avoit la liberté de continuer son mouvement d'une manière assez considérable, pour donner lieu d'appercevoir s'il obéissoit à une nouvelle détermination. Maintenant nous supposons un obstacle invincible, une masse inébranlable qu'il ne puisse déplacer, ni entr'ouvrir, pour passer outre. Je dis, pour passer outre : car comme il n'y a point de matière parfaitement dure, & dont les parties ne cèdent à une force suffisante ; lorsqu'un corps en choque un autre, quand bien même ce dernier ne pourroit être déplacé à cause de sa grandeur, il se fait toujours un enfoncement à l'endroit du contact ; & si cet enfoncement est tel que le mobile s'introduise dans la masse,

---

 IV.  
 LEÇON.

comme lorsqu'un boulet de canon s'enterre, ou qu'on tire une balle de mousquet dans du sable, ou dans de la neige accumulée; alors l'obstacle enfoncé devient un nouveau milieu, & s'il y a réfraction, elle se fait selon les loix que nous avons établies ci-dessus.

L'obstacle, ou le corps choqué, étant donc tel qu'on le suppose, inébranlable quant à sa masse totale, mais flexible quant à ses parties, il est question de sçavoir comment le mobile sera dirigé après le choc.

Mais avant que de répondre à cette demande, il est à propos d'examiner si le corps qui choque, continuera de se mouvoir; car s'il devoit rester sans mouvement, en vain chercheroit-on quelle doit être sa direction, & il y a bien des cas où l'obstacle le réduit au repos, sans lui rien rendre de ce qu'il lui a fait perdre.

Pour fixer nos idées, représentons-nous une bille d'acier lancée contre une muraille; & pour plus de simplicité, regardons le corps choquant comme parfaitement dur, & ne considérons que la flexibilité du corps

choqué. Au premier instant du contact la bille exerce , contre un très-petit espace de la pierre qu'elle rencontre , un effort qui est comme la masse & sa vitesse actuelle. Ce petit nombre de parties ainsi comprimées par l'acier , cèdent à son mouvement , réculent sur les parties les plus prochaines , & celles-ci sur d'autres ; la pierre se condense en cet endroit , & il se fait un petit enfoncement ; mais cet effet ne se produit pas avec une vitesse égale à celle qu'avoit le mobile au moment qu'il a commencé à toucher ; car ce qui a été déplacé , a résisté , & toute résistance ( quoique vaincue ) détruit une partie de la force qui la fait céder : ainsi à la fin du premier instant la bille d'acier se trouve retardée , & son effort au commencement du second instant est moindre qu'il n'étoit d'abord. ;

Mais comme les parties choquées pendant le premier instant , ont cédé en arrière , leur introcession , ou enfoncement , a donné lieu à la bille d'acier de toucher la pierre par une plus grande surface. Le mobile perdra donc plus de sa vitesse pendant le se-

---

 IV.  
LEÇON.

cond instant que pendant le premier :  
 1<sup>o</sup>. parce qu'il aura plus de parties à repousser; 2<sup>o</sup>. parce que celles du milieu qui ont été enfoncées précédemment, résistent davantage qu'elles n'ont pû faire pendant le premier instant, car alors la matière choquée étoit moins condensée, & le corps choquant avoit plus de mouvement.

On voit par l'examen de ces deux premiers instans, que la bille d'acier en formant un enfoncement dans la pierre, doit diminuer de vitesse, par des quantités qui vont toujours en augmentant, puisque les parties qui reçoivent son effort, se multiplient à chaque instant, & que se trouvant de plus en plus appuyées par celles de derrière, leur résistance commune croît pour le moins en raison de ces deux causes.

La vitesse du mobile a beau être retardée uniformément, ou non, cette diminution ne doit point empêcher qu'il ne persévère dans sa première direction, tant qu'il lui reste du mouvement : ainsi l'enfoncement qui se fait dans la pierre, n'est achevé que quand la bille cesse de se mou-

voir; & réciproquement on peut conclure qu'elle est réduite au repos, quand les parties de la pierre ne cèdent plus: de sorte que s'il ne se trouve alors quelque nouvelle cause pour rétablir le mouvement dans la bille, comme elle a consumé entièrement celui qu'elle avoit reçu dans sa première détermination; on ne voit pas qu'elle puisse se mouvoir davantage; & en effet l'expérience fait voir qu'elle ne se meut plus; car, si l'endroit de la muraille qui est exposé au choc est de la pierre tendre, ou du plâtre, la bille demeure dans le trou qu'elle a fait, ou bien elle retombe par son propre poids, si rien ne l'arrête.

Il n'en est pas de même si le mobile rencontre pour obstacle une pierre dure, on le voit réjaillir après le choc, & dans un sens différent de sa première direction: ce mouvement se nomme *réfléchi*. Voyons donc quelle en est la cause, & quelles sont les loix qui le dirigent.

Dans la pierre, comme dans le plâtre, il se fait pendant le choc un enfoncement qui ne diffère que du plus au moins. Mais quand l'obstacle est

**IV.** élastique , que les parties enfoncées

**LEÇON.** ont la vertu de se rétablir dans le lieu & dans l'ordre où elles étoient avant leur déplacement , il est aisé de voir pourquoi le corps choquant recommence à se mouvoir , & ce qui le détermine dans une direction différente de celle qu'il avoit d'abord : car ces parties enfoncées en se rétablissant , repoussent le mobile devant elles , & tendent à le diriger comme elles le font elles-mêmes.

Mais tous les corps élastiques ne le sont pas également , & l'on peut dire qu'on n'en connoît aucun qui le soit parfaitement : nous le supposons cependant pour rendre notre théorie plus simple , & nous considérerons d'abord le choc direct , c'est-à-dire , celui d'un mobile dirigé perpendiculairement à la surface de l'obstacle.

En supposant que l'obstacle *DE* , *Fig. 8.* est un corps dont l'élasticité est parfaite , le point de contact *A* , porté en *B* , par l'effort du mobile *C* , doit revenir de *B* en *A* , avec une vitesse égale à celle avec laquelle il avoit été déplacé. Le corps *C* , qu'il

chasse devant lui , parcourt en même tems le même chemin; & lorsque par cette réaction il est redevenu tangent à la surface  $DE$ , il se trouve qu'il a pour aller d' $A$  en  $F$ , le même degré de mouvement qu'il avoit lorsqu'en arrivant d' $F$  en  $A$ , il a commencé l'enfoncement  $dBe$ . Ainsi l'obstacle dont le ressort seroit parfait , rendroit au mobile , par une réaction complete, tout le mouvement qu'il lui auroit fait perdre dans le tems de la compression. Il s'agit maintenant de régler la direction de ce mouvement réfléchi.

IV.  
LEÇON.

En expliquant la réfraction ; \* nous avons fait voir que quand le mobile  $M$  tombe perpendiculairement sur le milieu réfringent , il ne quitte point la ligne de sa première direction , & qu'après comme avant l'immersion , il tend au même terme ; parce que toutes les parties de son hémisphère antérieur sont également soutenues par la résistance du fluide , & qu'il n'y a aucune cause qui favorise ou qui rallentisse son mouvement plus d'un côté que de l'autre. Par une raison semblable, si la surface  $DE$  Fig. 8.

\* Page 268. Fig. 3.



IV.  
LEÇON.

est solide & parfaitement élastique, le mobile qui vient d' $F$  en  $A$ , après avoir formé l'enfoncement  $dBe$ , sera renvoyé dans la même ligne exactement & vers le point  $F$ , parce que les parties correspondantes  $G$ ,  $H$ , obéissent à des réactions parfaitement semblables, dont l'équilibre entretient nécessairement le centre  $C$  dans une ligne qui a pour termes  $A$ ,  $F$ .

\* Pag. 275. Fig. 5. Nous avons encore prouvé \* que dans le cas de l'immersion oblique, le mobile abandonne sa première direction, & nous en avons fait voir la cause dans l'inégalité des résistances qui agissent sur les points  $P$ ,  $R$ ,  $O$ ,  $Q$ ,  $N$ , pendant que cet hémisphère se plonge dans le milieu réfringent. Nous avons remarqué aussi que cette déviation du mobile étant causée par des retardemens qui vont toujours en augmentant, jusqu'à ce qu'il soit plongé, le centre  $M$  fuit une petite courbe  $MV$ .

La même chose arrive, & par des raisons semblables, lorsqu'un corps sphérique tombe obliquement sur un plan solide & à ressort. Fig. 9. Les parties enfoncées sont autant de petits

ressorts qui ont été tendus par l'effort du mobile , & qui ralentissent sa vitesse de plus en plus, jusqu'à ce qu'enfin il ait consumé tout le mouvement qu'il avoit lorsqu'il a commencé à toucher la surface du plan en *I*. De-là vient la petite courbe *i l*, que décrit le centre du mobile ; & il est évident que si ce plan enfoncé finissoit au point *L* , la bille s'échapperait par la ligne *LM* ; & son centre par conséquent suivroit la parallèle *lm*.

Mais comme pendant l'enfoncement elle touche le plan par une surface , & non par un point ; & que tous les ressorts qu'elle a tendus , se déploient successivement , & selon l'ordre dans lequel ils ont été comprimés , il s'ensuit ce double effet : 1<sup>o</sup>. Elle reprend son premier degré de mouvement , parce qu'elle est repoussée avec autant de force qu'elle a comprimé. 2<sup>o</sup>. Elle rencontre par une courbe *MP*. *Fig. 10.* semblable à celle qu'elle a suivie en faisant son enfoncement , parce que les ressorts qu'elle a tendus , se débandent contre sa partie postérieure , & lui donnent une vitesse qui s'accélère depuis

$M$  jusqu'en  $P$ , de même que celle qu'elle avoit d'abord a été retardée depuis  $I$  jusqu'en  $M$ . Ainsi comme l'extrémité  $I$  de la ligne de son incidence a été le commencement de la première courbe, celle de la réflexion  $PQ$  est la continuation de la seconde; & de cette manière l'angle  $RMQ$  devient égal à  $SMT$ .

L'égalité des angles d'incidence & de réflexion se démontre d'une manière plus géométrique, en supposant un principe que nous prouverons ci-après, en parlant du mouvement composé, sçavoir, que le mobile qui parcourt la ligne  $TM$  se comporte comme s'il obéissoit à deux puissances, dont une lui auroit donné la vitesse nécessaire pour parcourir la ligne  $TV$ , pendant que l'autre le feroit descendre de la hauteur  $TS$ . Si, lorsqu'il est parvenu en  $M$ , une cause quelconque anéantit son mouvement de haut en bas, sans rien diminuer de celui qui le transporte horizontalement, il est évident que dans un tems semblable à celui qu'il a employé pour venir de  $T$  en  $M$ , il ira d' $M$  en  $R$ , n'étant plus commandé

que par une seule puissance. Mais au lieu de cette supposition , si lorsque le mobile est en  $M$  , la puissance qui le commandoit de haut en bas , se trouve tout d'un coup convertie en une autre d'égale force , mais qui le sollicite à se mouvoir de bas en haut ; il remontera sans doute par  $MQ$  , avec le même degré de vitesse qu'il avoit en descendant par  $TM$ . Or nous avons vû précédemment comment de ces deux mouvemens dont l'incidence oblique est composée , celui qui est perpendiculaire au plan , s'anéantit dans le mobile , & se change , à pareil degré , en un autre qui est opposé dans la même ligne.

Jusqu'ici nous avons supposé le mobile inflexible , & nous n'avons considéré que le ressort du plan qui réfléchit ; mais il est aisé de concevoir que les mêmes effets auroient lieu , si le plan étoit parfaitement dur ; & que la bille fût un corps à ressort ; car dans le choc elle s'applatiroit , & les parties enfoncées en se rétablissant , s'appuyeroient sur le plan , & repousseroient le mobile avec la même vitesse avec laquelle elles auroient

été comprimées , & dans un sens contraire.

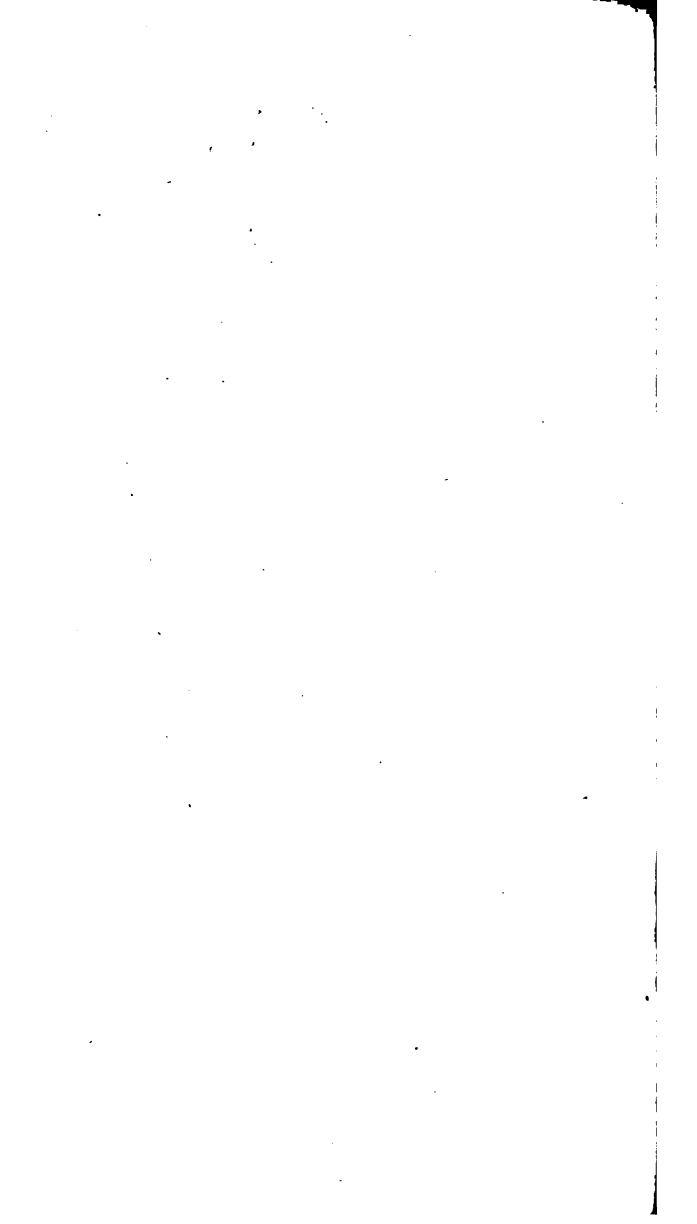
IV.  
LEÇON.

A la vérité , ni l'une ni l'autre de ces deux suppositions ne représentent la nature ; car si l'on ne connoît pas de corps dont le ressort soit parfait , on ne voit pas non plus de corps solides qui en soient entièrement privés. Ainsi toutes les fois qu'il y a réflexion , l'on peut dire que le mobile & l'obstacle y ont tous deux part , selon leur degré d'élasticité.

Il peut même arriver qu'un troisième pressé entre l'un & l'autre dans le tems du choc , entre pour quelque chose dans le mouvement réfléchi , en faisant l'office d'un ressort qui se débände d'une part contre le plan , & de l'autre contre le mobile ; & alors , soit que l'incidence soit directe , soit qu'elle soit oblique , on doit encore en attendre tout ce qui a été énoncé ci-dessus , lorsque nous n'avons supposé du ressort que dans l'obstacle ou corps choqué.

Il paroît donc que les choses les plus importantes à sçavoir touchant le mouvement réfléchi , peuvent se





réduire à ces deux chefs : 1<sup>o</sup>. Que le ressort est la cause nécessaire de la réflexion ; 2<sup>o</sup>. Que la direction du mouvement réfléchi est telle que l'angle de réflexion est égal à celui de l'incidence du mobile , lorsque la réaction est parfaite.

Quoique ces deux propositions ne puissent se prouver par des expériences rigoureusement exactes , parce que nous ne connoissons aucun corps solide qui ait un ressort parfait, ou qui n'en ait pas du tout , & que d'ailleurs la pesanteur du mobile & la résistance de l'air détruisent une partie des effets ; cependant on peut faire sentir ce qui doit être , en faisant voir par des à-peu-près ce qui est. Nous aurons soin de remarquer ce qui se mêlera d'étranger dans les faits , & le restant nous représentera suffisamment ce que nous venons d'enseigner.

## PREMIERE EXPERIENCE.

### PREPARATIONS.

La machine qui est représentée par la Fig. 11. doit être placée de maniè-



---

 IV.  
 LEÇON.

re que sa base soit dans un plan horizontal ; *AB* est une cuvette qui a environ un pouce de profondeur ; on la remplit de terre-glaife, que l'on a mêlée avec du sable fin ; en telle quantité qu'elle soit très-flexible, sans être cependant trop visqueuse. Cette cuvette se peut mouvoir sur un pivot qui est au point *A* , & elle s'arrête à tel degré d'inclinaison que l'on veut , par le moyen d'une agraffe & d'une vis qui est en *B*. *C* est un petit canon de cuivre fixé à un coulant à ressort , qui glisse dans une rainure à jour pratiquée au bras de la potence , & par lequel on fait passer une balle de plomb calibrée.

## E F F E T S.

Quant on laisse tomber la balle de plomb par le petit canon *C*, soit qu'elle arrive perpendiculairement à la surface de la cuvette , soit que cette cuvette se présente obliquement à sa chute , il se fait un enfoncement dans la tette molle , & la balle y perd tout son mouvement.

Quand la balle en tombant a commencé à toucher la terre molle , elle avoit une certaine quantité de mouvement ; c'est aux dépens de ce mouvement , qu'elle a déplacé une portion de la matière flexible. Elle a donc dû cesser de se mouvoir quand les parties qu'elle a rencontrées en repos dans sa direction , ont été portées aussi loin que l'exigeoit la valeur de son effort ; & elle n'a pas dû cesser plutôt , parce qu'un corps en mouvement ne peut être réduit au repos que par un obstacle dont la résistance égale le produit de sa force.

Que la balle tombe perpendiculairement sur un plan incliné à l'horizon , comme dans l'une des deux expériences précédentes , ou bien qu'elle vienne par une ligne oblique contre un plan horizontal , comme le représente la *Fig. 12* ; c'est absolument la même chose , quant à l'effet qui doit s'ensuivre ; & si le plan est flexible & sans ressort , comme nous le supposons , le mouvement de la balle doit s'y consumer entière-

**IV.** ment, aussi-bien que dans le cas précédent ; car la direction oblique ne change rien à ce que nous avons dit pour la chute perpendiculaire ; elle ne pourroit tout au plus qu'occasionner une petite réfraction que nous négligeons, parce que nous supposons l'enfoncement peu considérable ; mais elle n'a rien par elle-même qui puisse remettre le mobile au-dessus du plan qu'il a une fois touché.

#### APPLICATIONS.

Les corps sans ressort, ou dont l'élasticité est fort imparfaite, sont plus propres que d'autres à rompre les efforts violens, parce qu'ils retardent par degrés la vitesse du mobile, & qu'ils le réduisent au repos en cédant de plus en moins. Pour bien entendre ceci, il faut faire attention qu'il n'y a nul mouvement, si prompt qu'il puisse être, qui n'employe un tems fini ; ainsi quand le corps *M*, *Fig. 13.* descend par la ligne *DE*, pour faire la place de son hémisphère dans la terre molle, quoiqu'à nos sens cet effet paroisse se passer dans un instant indivisible, il faut pourtant concevoir

concevoir le tems de cet enfoncement comme partagé en plusieurs instans égaux ; pendant lesquels le mobile déploie sa force contre les parties qui cèdent. Mais cette force diminuë à chaque instant, & elle diminuë par des quantités qui croissent beaucoup plus que les tems ; car au second instant les résistances sont en plus grand nombre que dans le premier, puisque l'hémisphère plus enfoncé présente une plus grande surface à la terre molle qu'il faut repousser ; & les parties déjà comprimées s'opposent davantage à leur déplacement. On peut donc considérer les 3 espaces  $D$ ,  $F$ ,  $E$ , comme les produits de trois instans égaux, pendant lesquels le corps  $M$  a consumé toute sa vîtesse en parcourant la ligne  $DE$ .

Tous les obstacles qui cèdent ainsi, partagent l'effort du mobile, & arrêtent comme en plusieurs fois une puissance qui ne manqueroit pas de les forcer, si toute son action étoit réunie dans un tems plus court. Un tambour résisteroit-il à un seul coup qui égaleroit en force la somme des

---



---

 IV.  
LEÇON.

coups de baguettes qu'il reçoit en une heure ? Une planche de chêne arrête-t-elle une balle de mousquet qu'un sac rempli de laine ne manque point d'amortir ?

C'est par une semblable raison qu'on n'est point blessé par la chute d'un corps dur qu'on reçoit dans sa main , pourvu que la main cède pendant quelques instans , au lieu de se roidir contre. On risqueroit de rompre la corde , quand on arrête un bateau que le courant de la rivière emporte si l'on ne prenoit la précaution de la filer peu à peu pour vaincre l'effort par degrés.

## II. EXPERIENCE.

## PREPARATION.

On se sert pour cette expérience de la même machine qui a servi pour la précédente , & qui est représentée par la *Figure 11.* au lieu de la cuvette pleine de terre molle , on y place une tablette de marbre noir bien polie , & enduite d'une très-légère couche d'huile ; & la balle qu'on fait tomber par le petit canon de cuivre , est d'ivoire.

Quand on laisse tomber la balle d'yvoire perpendiculairement sur le marbre , après avoir touché le plan , elle remonte par la même ligne qu'elle a suivie en tombant , mais moins haut que le lieu d'où elle est descendue , & l'on remarque sur la tablette une tache ronde qui a environ une ligne de diamètre.

E X P L I C A T I O N S.

Ce que l'on a dit ci-dessus en établissant la question du mouvement réfléchi , suffit pour expliquer le fait que nous venons de rapporter ; la tache qu'on trouve sur le marbre , prouve bien que dans le choc il y a eu compression de parties dans l'un des deux corps , & vraisemblablement dans tous les deux , comme on l'a fait voir en parlant du ressort : \* & \* par  
comme après l'expérience on retrouve les surfaces dans le même état où elles étoient avant le contact , il est indubitable qu'elles se sont rétablies ; & nous avons fait voir que ce rétablissement , s'il étoit parfait , se-

roit suffisant pour rendre au mobile dans un sens contraire, tout le mouvement qu'il avoit consumé en suivant sa première direction. Si cet effet n'a pas lieu, c'est que la résistance de l'air s'y oppose d'une part, & qu'on a raison de croire que l'ivoire & le marbre ne se rétablissent pas avec la même vitesse avec laquelle on peut les comprimer.

## APPLICATIONS.

Un corps à ressort que l'on a comprimé, & qui a la liberté de se remettre, ne revient à son premier état qu'après un certain nombre de balancemens, qu'on nomme *vibrations*, & qu'il est facile d'appercevoir dans une lame d'acier, dans une corde de clavessin, dans une branche d'arbre, &c. que l'on a pliée & qu'on abandonne à elle-même. Ce mouvement qui ramène le corps élastique au-delà du lieu de son repos, vient de ce que la partie comprimée en se rétablissant reprend le même degré de vitesse qu'elle a reçu au premier instant du choc, & dans un sens contraire, comme nous l'avons expliqué page

294. Prenons pour exemple une corde de viole ou de claveffin, *Fig. 14.* tendue entre deux points fixes  $G, H$ , & contre laquelle on fait heurter un corps solide avec une quantité de mouvement suffisante pour la mener du point  $I$  au point  $K$ . Cette percussion allonge la corde ; car il est évident que la somme des deux longueurs  $GK$  &  $HK$ , est plus grande que  $GH$ . Si elle est libre de se remettre, son ressort ramènera le point  $K$  en  $I$ , & alors elle aura dans la direction  $IL$  une vitesse égale à celle que lui avoit fait prendre la percussion pour aller en  $K$ . Cette vitesse doit avoir son effet ; elle doit transporter le point  $I$  vers  $L$ , jusqu'à ce que des résistances suffisantes l'aient fait cesser. Mais si le milieu de la corde se meut ainsi, les parties qui la composent de part & d'autre doivent s'allonger, & leur résistance affoiblira de plus en plus ce mouvement ; il finira enfin, quand toute la vitesse de la réaction sera consumée, & l'on voit que si la corde en revenant de  $K$  en  $I$ , se trouve avoir le même degré de vitesse qu'elle avoit reçu par le



choc pour descendre en  $K$ , la ligne  $IL$  doit devenir égale à  $IK$ . Si les ressorts étoient parfaits, & que leurs vibrations se fissent dans un milieu non résistant, ces sortes de mouvemens seroient perpétuels. Car lorsque la corde, en vertu de sa réaction, est parvenue en  $L$ , elle a le même degré de tension qu'elle avoit, lorsqu'elle étoit comprimée au point  $K$ ; & par conséquent elle auroit la force nécessaire pour y retourner à la seconde vibration. On en pourroit dire autant de la troisième, & d'une infinité d'autres; mais la réaction n'étant jamais complète par les raisons que nous avons dit, la seconde vibration a moins d'étendue que la première, & la troisième moins encore que la seconde, & ces diminutions enfin laissent reprendre à la corde son premier état.

J'ai pris une corde pour exemple, afin de rendre cette explication plus sensible; mais on doit concevoir que la même chose arrive à tous les corps élastiques, à la différence près du plus au moins, selon la figure & la roideur de leurs parties. Ainsi la peau

d'un tambour devient alternative-  
ment concave & convexe ; & la  
bille d'yvoire qui est tombée sur un  
marbre , ne reprend sa figure sphéri-  
que , qu'après avoir été quelque tems  
un ellipsoïde , dont le grand diamé-  
tre est de deux fois une , horizontal  
& vertical. *Fig. 15.*

IV.  
LEÇON.

C'est une chose remarquable , que  
le même ressort fait toutes ses vibra-  
tions isochrones , c'est-à-dire , dans  
des tems égaux , soit qu'elles soient  
petites ou grandes : & l'on a occasion  
d'en voir la preuve , lorsqu'on met en  
jeu la machine , \* avec laquelle nous  
avons mesuré les frottemens. Car en  
comparant les vibrations du ressort  
spiral avec les oscillations d'une pen-  
dule à secondes, on remarquera très-  
facilement que la première & la tren-  
tième se font dans des tems sensible-  
ment égaux.

\* 3<sup>me</sup>. Leçon.  
son. Fig. 2.

Il faut remarquer encore que les  
ressorts tendus se rétablissent avec  
d'autant plus de vitesse , qu'il a fallu  
plus de force pour les tendre ; ainsi  
quand deux lames seroient également  
élastiques , si l'une des deux est moins  
flexible que l'autre , elle fera des vi-

brations qui auront moins d'étendue; mais qui seront plus fréquentes, comme nous le ferons voir en parlant des sons.

IV.  
LEÇON.

### III. EXPERIENCE.

#### PREPARATION.

On employe pour cette expérience la machine qui a servi dans la précédente; *Fig. 11* mais au lieu de laisser la tablette de marbre dans sa situation horizontale, on l'incline comme la ligne *AD*, & l'on avance le petit canon *C* dans sa coulisse, de façon qu'il réponde directement au point *E*.

#### EFFETS.

Si la balle d'ivoire tombe sur la tablette de marbre par la ligne *NE*, elle va par *EF* se loger dans une ouverture pratiquée à la pièce *G*, & dont la largeur est égale à son diamètre; & l'on peut remarquer à la surface du marbre une tache qui n'est point parfaitement ronde, comme dans l'expérience précédente, mais un peu oblongue, & située de manière que son grand diamètre se trouve dans le plan de réflexion.

#### EXPLICATIONS.

Nous avons suffisamment expliqué les causes du mouvement réfléchi, & l'expérience fait voir que l'angle de réflexion  $AEF$ , est presque égal à celui d'incidence  $HED$ . Je dois donc moins m'arrêter à établir l'égalité de ces angles, qu'à faire connoître pourquoi celui de réflexion n'est pas rigoureusement semblable à l'autre dans le fait. Trois causes concourent à le rendre plus petit : 1<sup>re</sup>. La balle qui choque, & le plan qui la renvoie, n'ont point un ressort parfait ; la réaction n'est donc pas complète. 2<sup>de</sup>. L'air qu'il faut diviser pour passer d' $E$  en  $F$ , retarde un peu la vitesse du mobile ; il est donc plus long-tems en chemin qu'il n'y devrait être, & ce retardement donne lieu au progrès d'une troisième cause. Car 3<sup>de</sup>. la pesanteur agit sur la boule d'yvoire, tant qu'elle parcourt  $EF$ , & la rappelle de haut en bas. C'est pourquoi au lieu de décrire une droite rigoureuse, elle parvient en  $G$  par une courbe dont l'extrémité est un

**I V.**  
**LEÇON.** peu plus bas que la direction de son mouvement réfléchi.

Mais si l'égalité des angles n'a jamais lieu dans l'état naturel, n'entrevoit-on pas à travers ces obstacles, qu'elle n'est pas moins une règle établie dans la nature, & fondée sur des loix généralement reconnues ?

La petite tache oblongue que l'on voit sur le marbre après le contact, est une preuve que la boule qui choque obliquement un obstacle, s'y enfonce par une ligne courbe, comme nous l'avons dit à la page 296, & qu'elle sort de cet enfoncement par une pareille ligne; ainsi le grand diamètre de la tache oblongue est représenté par la ligne *pi*, *Fig. 10.*

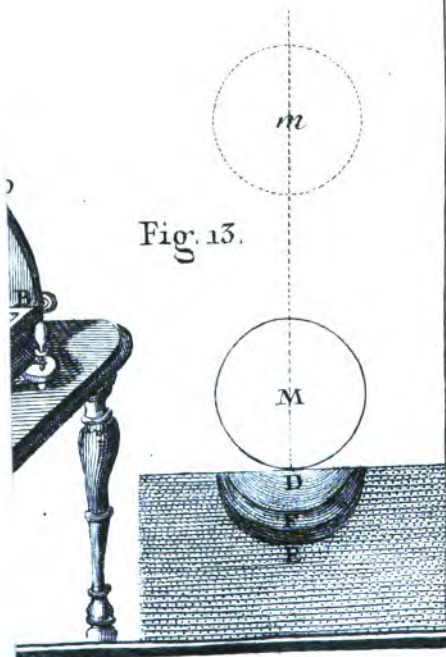
#### APPLICATIONS.

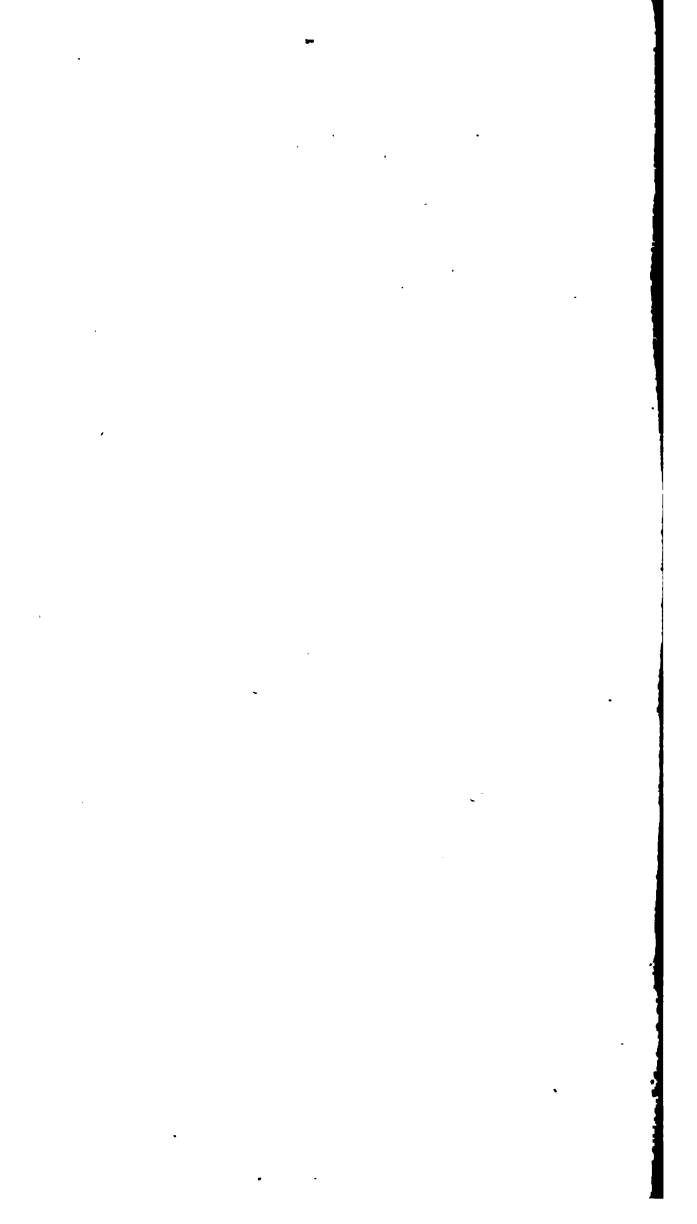
Le jeu de billard, & celui de la paume, sont presque entièrement fondés sur la règle que nous venons d'établir & de prouver; dans l'un c'est un mobile sphérique, que l'on pousse le plus souvent contre un plan, suivant une direction oblique ou perpendiculaire; dans l'autre, c'est le plan même qu'on présente au mobi-

Fig. 12.



Fig. 13.





le , sous différens degrés d'inclinaison , & la principale chose consiste à bien estimer le mouvement réfléchi , par l'angle d'incidence.

Lorsqu'un boulet de canon tiré horizontalement vient à toucher terre , il rebondit à plusieurs reprises, & l'on remarque sur le terrain des traces beaucoup plus longues que profondes. C'est que le boulet s'enfonce & se relève comme la bille de notre expérience , en suivant deux courbes qui se joignent au dernier degré de l'enfoncement , où naît la réflexion. Et comme sa vitesse de haut-en bas est beaucoup moindre que son mouvement horizontal , il parcourt une très-grande longueur dans le tems qu'il descend à peu de profondeur ; & de-là vient la grande différence qu'on remarque dans ces deux dimensions , lorsqu'on examine les traces dont nous parlons.





---

IV.  
LEÇON.

### III. SECTION.

#### *De la Communication du Mouvement dans le Choc des Corps.*

Quoique les obstacles solides qui arrêtent ou qui réfléchissent les corps qui se meuvent, n'ayent leurs effets qu'en vertu du mouvement qui leur est communiqué par le mobile, & que cette communication se fasse selon les règles que nous avons à établir dans cette section ; cependant nous avons crû devoir traiter séparément de cette action des corps, considérée dans les cas où la masse choquée laisse appercevoir des marques de la percussion qu'elle souffre, par un déplacement sensible de tout son volume ; c'est-à-dire, qu'après avoir enseigné ce qui arrive à un mobile, tant par rapport à sa vitesse, que par rapport à sa direction, de la part d'un obstacle inébranlable, ou considéré comme tel, nous allons examiner les changemens dont l'une & l'autre

( la vîteſſe & la direction ) ſont ſuſceptibles , quand l'obſtacle eſt déplacé ou peut l'être par le choc. Et pour procéder du plus ſimple au plus compoſé , nous conſidérerons premièrement les effets de la percuſſion dans les corps mols , où la réaction n'a pas lieu , pour paſſer enſuite au choc des corps à reſſort.

Nous ſuppoſons toujours , pour rendre notre théorie plus ſimple & plus facile à ſaiſir ; 1<sup>o</sup>. Que les corps qui ſe choquent, ont un reſſort parfait, ou qu'ils n'en ont point du tout : 2<sup>o</sup>. Que leur mouvement ſe fait dans un milieu ſans réſiſtance , & ſans frottemens ; de ſorte que la doctrine que nous allons expoſer ſeroit fauſſe , ſi les faits qu'elle annoncera , ſe trouvoient exactement représentés par l'expérience , puisſque les empêchemens dont nous faiſons abſtraction , entrent néceſſairement pour quelque choſe dans les réſultats. Ainſi nos preuves ne doivent paſſer pour juſtes , que quand elles paroîtront faire un peu moins que ce qu'on en aura attendu. Si , par exemple , le corps *A* , venant heurter le corps *B* , *Fig.*

**IV.**  
**LEÇON.** 16 faisoit sur lui toute l'impression qu'il peut faire, en vertu du mouvement qu'il a en partant du point *a* ; il auroit fait plus, puisqu'il auroit encore vaincu les frottemens, la résistance du milieu, &c. Il n'exercera donc sur le corps *B*, qui est son dernier obstacle, que ce qui lui restera de force après avoir surmonté les autres ; & si l'on ne tient pas compte de ce qu'il aura perdu pour vaincre ceux-ci, on ne doit pas s'attendre à un effet complet lorsque le choc se fera en *b*.

Nous ne considérons ici que le choc direct, c'est-à-dire, celui de deux corps dont les centres de gravités se trouvent dans la direction de leurs mouvemens, comme dans la *Fig. 16.* & pour en rendre l'exécution plus facile, nous ferons toutes nos expériences avec des corps sphériques ; que nous suspendrons à des fils fort déliés, *Fig. 20.* afin de diminuer autant qu'il est possible les frottemens & la résistance de l'air : & comme nous aurons souvent besoin de connoître le degré de vitesse de ces petits globes, nous les tiendrons suspendus à des

points fixes , autour desquels ils pour-  
ront décrire des arcs de cercles qui se-  
ront mesurés par des graduations. *Fig.*

IV.  
LEÇON.

21. Ce que nous enseignerons dans la suite touchant la pesanteur, fera con-  
noître comment on peut par la gran-  
deur de ces arcs régler la vitesse des  
corps qui les décrivent. C'est un pro-  
cédé qui a été employé avec succès  
par plusieurs habiles Physiciens , &  
sur-tout par M. Mariotte. La machine  
dont je me sers , & qui est représen-  
tée par la *Figure 17.* n'est autre chose  
que la sienne , dont j'ai étendu les  
usages , & que j'ai renduë plus com-  
mode.

Avant que deux corps se cho-  
quent , il y a entre eux un espace  
qui doit être parcouru , ou par l'un  
des deux entièrement , ou en partie  
par l'un , & en partie par l'autre : au-  
trement il n'y auroit point de choc.  
Cet espace ne peut être parcouru que  
dans un certain tems , & la durée de  
ce tems mesure la vitesse *respective*  
de ces deux corps ; c'est-à-dire , la  
vitesse avec laquelle la distance dimi-  
nuë , soit que l'un des deux reste en  
repos ; soit qu'ils se meuvent tous

**IV.**  
**LEÇON.** deux dans le même sens , ou en sens contraires, également , plus ou moins vite l'un que l'autre : de sorte que si deux corps *A* , *B* , *Fig.* 16. distans de 4 pieds , se joignent en une seconde , la vitesse respective est la même , soit que *B* seul parcoure l'espace entier , soit qu'il rencontre *A* venant à lui au deuxième ou au troisième pied , &c. pourvû que le mouvement qui les approche l'un de l'autre , se passe dans une seconde. Il ne faut donc pas confondre cette vitesse *relative* avec la vitesse *absolue* , ou propre de chaque mobile ; car on voit par cet exemple , que celle-ci peut varier dans des cas où l'autre ne changeroit point.

La vitesse relative étant donnée , il faut encore considérer les masses ; car le corps choqué oppose son inertie au corps choquant , & nous avons vu ailleurs que cette espèce de résistance se mesure par la quantité de matière contenuë & liée sous le même volume. Ainsi l'on doit s'attendre que dans le choc une grande masse recevra moins de vitesse qu'une plus petite ; & que pour faire prendre plus de mouvement à un même corps ,

il en faudra donner aussi davantage au mobile qui doit le communiquer , parce que l'inertie résiste non-seulement au mouvement , mais aussi à un plus grand mouvement, comme nous l'avons prouvé ailleurs.

Quand nous avons parlé du mouvement en général , nous nous sommes abstenus d'examiner la nature de cette espèce d'être , ou de modification , parce que ces sortes de questions appartiennent plutôt à la Métaphysique , qu'à la Physique expérimentale. Par la même raison nous ne nous arrêterons pas à discuter de quelle manière la vitesse passe d'un corps à l'autre. Nous nous bornerons aux faits qui peuvent être constatés ; & en parcourant les cas les plus généraux , nous établirons par voie d'expérience des propositions qu'on pourra regarder comme des principes ou des loix , auxquelles on pourra rapporter d'autres effets plus détaillés, comme autant de conséquences.



*Du Choc des Corps non  
Elastiques.*

## PREMIERE PROPOSITION

*Quand un corps en repos est choqué par un autre corps , la vitesse du corps choquant doit se partager entre les deux selon le rapport des masses.*

C'est-à-dire , qu'après le choc les deux corps continueront de se mouvoir selon la direction du corps choquant ; & que la vitesse de celui-ci ayant été diminuée par la résistance de l'autre , le restant qui sera commun aux deux , doit être d'autant moindre , que le corps ~~choqué~~ aura plus de masse.

Ainsi le corps en repos ayant été choqué par une masse égale à la sienne ; la vitesse après le choc sera réduite à moitié.

Il restera les deux tiers de la vitesse, si le corps qui choque est double de l'autre.

Si c'est le corps choqué qui est double en masse , la vitesse après le

choc ne fera que le tiers de ce qu'elle étoit avant : mettons ces trois cas en expériences.

## PREMIERE EXPERIENCE.

### PREPARATION.

La machine qui est représentée par la *Fig. 17.* étant disposée de façon que le fil à plomb soit parallèle à la ligne *AB* ; que les deux fils de suspension *CD*, *EF*, soutiennent dans une même ligne , & à même hauteur , les centres de deux boules de terre molle , qui pèsent chacune 2 onces , & de manière qu'étant en repos leurs surfaces se touchent en un point ; que la première graduation de chacune des deux règles mobiles *G* , *H* , soit vis-à-vis de chacun des fils , & qu'enfin le petit curseur ou index *L* , soit placé un peu avant la troisième graduation de la règle *G* , & l'autre index *M* , vis-à-vis la sixième de l'autre règle *H*.

### EFFETS.

La boule *F* portée en *M* , & abandonnée à son propre poids , va frapper l'autre boule *D* ; l'une & l'autre



s'applatissent également à l'endroit du contact , & après le choc elles se meuvent toutes deux du même côté, & le fil qui suspend la boule *D* , va toucher l'index *L*.

## EXPLICATIONS.

Quand le boule *F* est tombée par un arc de six graduations , si elle ne trouvoit point d'obstacles , elle remonteroit dans la partie opposée , par un arc semblable. C'est une chose dont on peut s'assurer en ôtant de son chemin la boule *D* , & nous en dirons la raison en expliquant les phénomènes de la pesanteur. Ainsi lorsqu'en venant du point *M* , elle se trouve en *F* ; son mouvement alors est tel , qu'il peut élever sa masse de deux onces dans un arc de six graduations. Mais une force qui peut transporter une masse de deux onces à six degrés de distance dans un tems donné , ne peut porter qu'à la moitié de cette distance une masse double en pareil tems. Or quand la boule *F* rencontre la boule *D* , qui ne lui permet de passer outre qu'en l'emportant avec elle ; c'est une vitesse de

degrés appliquée à une masse de 4 onces, & l'une & l'autre ensemble doivent cesser de se mouvoir, après avoir parcouru seulement trois graduations, comme l'expérience le fait voir.

IV.  
LEÇON.

Il se fait dans le tems du choc un applatissement aux deux boules, & dans le cas présent cet applatissement est égal de part & d'autre; ces deux faits méritent d'être observés & expliqués.

Nous avons déjà dit que rien ne se fait avec précision, & par faut, dans la nature; & que les effets les plus prompts, & qui paroissent instantanés à nos sens, ne sont jamais produits que dans un tems fini, c'est-à-dire, dans un tems dont la durée n'est pas la plus courte qu'on puisse imaginer. Lorsque les deux boules commencent à se toucher, les parties les plus avancées de la boule choquante ont déjà perdu une partie de leur vitesse, pendant que le centre & les parties les plus reculées ont encore toute la leur; ce n'est donc qu'après quelques instans (fort courts à la vérité) que cette masse ralentie

prend une vitesse également retardée dans toutes les parties. Mais si les parties d'un corps se meuvent plus vite les unes que les autres, leur position relative, ou (ce qui est la même chose) la figure du corps doit être changée. L'applatissment de la boule *F* est donc un effet & une preuve de sa vitesse retardée successivement en plusieurs tems.

On doit dire la même chose de la boule choquée : elle ne passe pas toute en un même instant de son état de repos à trois degrés de vitesse ; les parties immédiatement exposées au choc, se meuvent & plutôt & plus vite que le centre & l'hémisphère qui est au-delà ; & ces déplacements successifs occasionnent une introcession de matière qui change la figure.

Mais ces applatissmens dans l'une & dans l'autre boule, sont causés par l'inertie qui s'oppose au changement d'état de chacune d'elles ; & cette inertie est égale à la masse : ainsi dans le choc de deux corps, dont les poids sont égaux & de même matière, les applatissmens doivent aussi se faire également de part & d'autre.

Fig. 15.

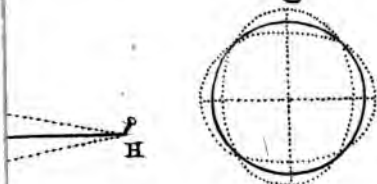


Fig. 16.

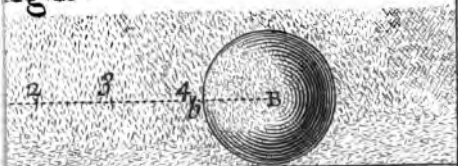
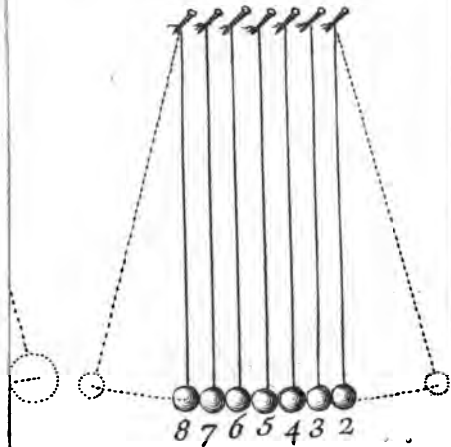


Fig. 19.



4

## II. EXPERIENCE.

## PREPARATION.

---

 IV.  
 LEÇON.

On fait la boule *D* de 4 onces, la boule *F* de 2 onces : on laisse la première en repos, & l'on donne à l'autre 6 degrés de vitesse, le reste étant disposé comme dans l'expérience précédente.

## EFFETS.

Après le choc, les deux boules continuant de se toucher parcourent ensemble deux graduations, & l'applatissement de part & d'autre est plus grand que dans le cas précédent.

## EXPLICATIONS.

La boule *F* en descendant de 6 graduations reçoit 6 degrés de vitesse, c'est-à-dire, qu'elle peut porter son propre poids l'espace de 6 graduations vers la partie opposée. Mais ce poids étant augmenté de deux tiers en sus par la rencontre de la boule *D*, qu'elle emporte avec elle, sa force ne suffit plus que pour un tiers de l'espace qu'elle auroit parcouru si

**rien** ne s'étoit opposé à son passage.

**IV.** Quant à l'applatissement, il doit  
**LEÇON.** être d'autant plus grand, que le corps  
 choqué a résisté plus long-tems à son  
 déplacement; puisque, comme nous  
 l'avons dit, c'est cette résistance qui  
 interrompt l'uniformité de vitesse  
 dans les parties de chaque boule: or  
 dans le cas présent, la boule *D* résiste  
 une fois plus que n'auroit fait une  
 boule de deux onces. Il y a donc eu  
 lieu à l'enfoncement d'un plus grand  
 nombre de parties.

### III. EXPERIENCE.

#### PREPARATION.

Dans cette expérience on procède  
 comme dans les deux autres; excepté  
 seulement qu'on donne à la boule  
*D*, qui est en repos, deux onces de  
 masse, & quatre onces à la boule *F*  
 que l'on fait mouvoir avec 6 degrés  
 de vitesse.

#### EFFETS.

Les deux boules unies après le  
 choc parcourent quatre graduations;  
 & les applatissemens sont moins forts  
 que dans les deux cas précédens.

#### EXPLICATIONS.

## EXPLICATIONS.

IV.  
LEÇON.

Ce que nous avons dit pour expliquer les deux expériences précédentes, suffit pour rendre raison de celle-ci. Il faut toujours considérer les deux boules après le choc, comme ne faisant qu'une même masse; & l'on doit faire attention aussi, que 6 degrés de force qui pouvoient porter une masse de 4 onces dans un espace de 6 graduations, n'en peuvent pas transporter une de 6 aussi loin. Si la résistance de 4 onces devoit consumer toute la force après cet espace parcouru, un tiers d'augmentation au poids doit aussi diminuer le tiers de l'espace, & par conséquent au lieu de 6 graduations qu'auroit fait la boule *F* toute seule & sans obstacle, étant jointe à la boule *D* qu'elle a mise en mouvement, elle n'en peut plus faire que 4.

Mais comme la boule *D*, qui ne pèse que deux onces, a moins résisté que lorsqu'elle en pesoit quatre ou trois; elle a moins donné lieu à l'enfoncement de ses parties, & réciproquement elle a moins retardé les par-



ties antérieures de la boule *F*. Car on conçoit aisément que si elle prenoit tout d'un coup, & dans un instant indivisible, toute la vitesse qui lui doit être communiquée, il n'y auroit aucun aplatissement de part ni d'autre, puisqu'elle fuirait devant la boule *F* dès l'instant du contact, avec une vitesse égale à celle du corps choquant, ce qui la feroit échapper à son action.

## APPLICATIONS.

Puisque dans le choc où l'un des deux corps est en repos, la vitesse du corps choquant diminuë à proportion de la masse du corps choqué, on doit en tirer cette conséquence, que le mouvement doit être insensible après le choc, si celui qui est en repos, est infiniment plus grand que celui qui vient le frapper; & c'est par cette raison, sans doute, qu'un boulet de canon paroît avoir perdu tout son mouvement, quand on l'a tiré contre un rempart ou contre une grosse tour; car la vitesse qui lui reste après le coup est à celle qu'il a communiquée, comme la masse est à cel-

le de l'obstacle qu'il a frappé , c'est-à-dire , comme une quantité infiniment petite à une quantité infiniment grande.

C'est aussi en conséquence de ce principe que l'on dit , que la plus grosse masse est toujours déplacée , ( quoiqu'infiniment peu ) par la percussion du plus petit corps. Mais je ne vois pas qu'on soit obligé d'admettre cette proposition comme une suite nécessaire de la loi que nous venons d'établir , à moins qu'on ne suppose le corps choqué absolument inflexible ; autrement, s'il est aussi grand qu'on peut l'imaginer , sa résistance fera assez durable pour consumer toute la vitesse sensible du mobile par l'introcession des parties occasionnée par le choc.

Les expériences que nous venons de rapporter , nous apprennent aussi pourquoi en général tous les corps se rompent , ou perdent plutôt leur figure en heurtant contre des obstacles inébranlables , que lorsqu'ils rencontrent de mobiles. Une chaloupe se brise contre un rocher , & elle ne périclite point par le choc d'une au-

---

**IV.**  
**LEÇON.**

tre chaloupe qu'elle rencontre en repos. C'est que le rocher ne cédant que peu ou point au mouvement de la chaloupe , les parties de celle-ci qui commencent le choc , ont déjà perdu toute leur vîtesse , pendant que les autres ont encore toute la leur. Il se fait donc un changement de figure , les pièces sont contraintes & se rompent , si le choc est assez violent : au lieu que si le bateau rencontre un corps flottant qui obéisse à son impulsion , les parties exposées au choc ne sont point entièrement arrêtées , & les autres sont peu à peu retardées comme elles.

Les ouvriers qui travaillent du marteau disent , que le coup porte à faux , quand la matière qu'ils travaillent lui échappe , soit parce qu'elle n'est pas suffisamment soutenue , soit parce que l'instrument est mal dirigé : & le forgeron se plaint avec raison d'une enclume trop légère , ou qui est placée sur un plancher peu solide ; car alors le fer qu'il travaille, cédant avec son point d'appui , le coup n'a point tout son effet , comme il l'auroit si l'enclume

plus immobile tenoit dans un parfait repos le côté du fer qui la touche , pendant que le marteau frappe sur l'autre.

Le jeu de mail a tant de rapport à notre première proposition sur le choc des corps , & aux expériences que nous avons employées pour la prouver , qu'il est presque inutile d'en faire ici l'application. Pour peu qu'on y fasse attention , on verra bien-tôt sur quoi sont fondées les proportions qu'il faut mettre entre la masse du mail & la boule ; comment l'un au moyen d'un long manche , reçoit du joueur une très-grande vitesse ; pourquoi , & dans quel rapport , une partie de cette vitesse est communiquée à l'autre , &c.

## II. PROPOSITION,

*Quand deux corps qui se meuvent du même sens avec des vitesses inégales , viennent à se heurter , soit que leurs masses soient égales , ou non , ils continuent de se mouvoir ensemble & dans leur première direction , avec une vitesse commune ; mais plus grande que celle du corps cho-*

*quant , mais plus grande que celle du corps  
choqué , avant la percussion.*

Dès qu'on suppose que les deux corps se meuvent dans le même sens, il faut nécessairement que celui qui précède aille moins vite que l'autre pour être choqué ; car s'ils alloient tous deux avec des vitesses égales , il est évident qu'ils ne s'approcheroient point ; & par conséquent il n'y auroit point de choc. Quand le corps qui a le plus de vitesse rencontre celui qui en a moins , la lenteur de l'un fait obstacle à l'autre ; mais cet obstacle est mobile , & il doit partager l'excès de vitesse du corps choquant , à raison de sa masse , comme on l'a fait voir ci-dessus. Les expériences qui suivent , feront connoître dans quel rapport la vitesse est retardée dans l'un & accélérée dans l'autre.

### PREMIERE EXPERIENCE.

#### PREPARATION.

Il faut faire les boules *D* & *F* du poids de 2 onces chacune , & les laisser tomber en même tems , l'une par

un arc de 3 graduations, & l'autre par un arc de 6, pris du même côté.

## EFFETS.

Ces deux boules se joignent à l'endroit où leurs fils de suspension se trouvent perpendiculaires à l'horizon : il se fait à l'une & à l'autre un petit applatissement, après quoi elles continuent de se mouvoir ensemble du même côté, & remontent un arc de 4 graduations & demi.

## EXPLICATIONS.

La boule *F* ayant 6 degrés de vitesse propre contre 3, s'est approchée de la boule *D* avec une vitesse respective, qui étoit 3 excès de 6 sur 3. Nous dirons ailleurs pourquoi lorsque leur mouvement se fait dans des arcs du même cercle, quoiqu'inégaux, les deux boules se choquent précisément à l'endroit le plus bas de leur chute.

Quant aux enfoncemens des parties qui se touchent dans le choc, ils doivent être proportionnels à la vitesse respective, qui est moindre que la vitesse absolue ou propre de

IV.  
LEÇON.

la boule choquante , dans le cas présent, où la boule choquée qui se meut du même sens , échappe en partie à son effort.

Enfin les deux boules remontent ensemble un arc de 4 graduations & demi ; c'est-à-dire , que leur vitesse commune comparée à celle de la boule *F* avant le choc, se trouve diminuée d'un quart ; & c'est à quoi l'on devoit s'attendre : car le corps choquant ayant 6 degrés de vitesse, & rencontrant un autre corps d'une masse égale à la sienne qui n'en a que 3 , doit en perdre autant qu'il faut qu'il en communique à l'autre pour le mettre en état d'aller aussi vite que lui ; or l'égalité des masses exige qu'il lui en donne 1 & demi, qui est la moitié de 3 , différence des deux vitesses avant le choc : & 1 & demi ôté de 6 & ajouté à 3 , fait qu'il se trouve 4 & demi dans l'un , & autant dans l'autre.

## II. EXPERIENCE.

## PREPARATION.

Cette expérience se fait comme la première , avec cette différence que

que la boule *D* pèse 4 onces , & la ~~boule~~ *F* 2 onces : les vîtesſes reſtant dans le rapport de 3 à 6.

IV.  
LEÇON.

## E F F E T S.

Après le choc les deux boules conti-  
nuent de ſe mouvoir enſemble ; les  
applatiffemens ſont plus grands que  
dans l'expérience précédente , & l'arc  
qu'elles parcourent eſt de 4 gradua-  
tions.

## E X P L I C A T I O N S.

Tout ce que nous avons dit pour  
expliquer la première expérience, ſuf-  
fit pour faire entendre celle-ci , il ne  
ſ'agit que d'appliquer les mêmes rai-  
ſons en gardant les proportions. L'ex-  
cès de vîteſſe dans la boule *F* avant  
le choc étoit 3 , qui a dû diminuer  
des deux tiers par la réſiſtance de la  
boule *D* , dont la maſſe eſt double :  
ainſi après le choc il a dû ſe trouver  
4 degrés de vîteſſe , puis-que de 6 qui  
étoient dans le corps choquant , il ne  
ſ'en eſt perdu que 2 , par l'action qui  
a rendu la vîteſſe uniforme dans les  
deux doubles.

Les applatiffemens ont été plus



grands que dans la première expérience ; parce que la résistance du corps choqué a été plus forte : c'est ce que l'on reconnoîtra d'abord , si l'on fait attention que la boule *D* étant de 4 onces , a consumé un tiers de la vitesse du corps choquant , au lieu qu'étant seulement de 2 onces dans le cas précédent , elle n'en a consumé que le quart.

### III. EXPERIENCE.

#### PREPARATION.

On donne à la boule *D* 2 onces de masse , à la boule *F* 4 onces , & l'on met les vitesses dans le rapport de 6 à 3.

#### EFFETS.

La boule *D* après le choc est emportée par la boule *F* , de sorte qu'elles parcourent ensemble un arc de 5 graduations ; & les applatissemens sont moindres que dans les deux expériences précédentes.

#### EXPLICATIONS.

La boule *F* partageant son excès

de vitesse qui est 3, avec une masse qui est moitié moins grande que la sienne, en retient les deux tiers ; les deux masses jointes ensemble après le choc, doivent donc représenter 6 degrés de vitesse, moins un, que la résistance du corps choqué a retranché, avant que de prendre un mouvement uniforme à celui du corps choquant.

Les applatissemens ont été moins grands que dans les cas précédens, parce que la résistance a été moins forte de la part du corps choqué ; car 2 onces de masse résistent moins à 4 onces, que 4 à 2, ou 2 à 2 ; les vitesses étant toujours en même rapport.

#### APPLICATIONS.

Il est aisé de voir par les expériences de la seconde proposition, qu'après le choc de deux corps, dont l'un va plus vite que l'autre dans la même direction, les vitesses propres, pour devenir uniformes, changent, dans l'un de plus en moins, & dans l'autre de moins en plus ; puisque celle du corps *D* a toujours été augmen-

---

 IV.  
LEÇON.

tée, & que celle du corps *F* au contraire a toujours souffert quelque diminution. C'est ainsi qu'un bateau qui obéit à l'impulsion des rames, reçoit un accroissement de vitesse, en retardant celle d'un volume d'air agité, dans la direction duquel on le mène: il va moins vite que le vent, mais son mouvement est toujours plus prompt que s'il n'alloit qu'à force de bras.

Le vol le plus rapide, la course la plus légère, n'empêche pas que le plomb du chasseur ne frappe la pièce de gibier qui fuit devant lui; mais à égale distance le coup est moins sûr que si l'animal étoit posé, ou qu'il vînt en sens contraire: & l'on sçait qu'un lièvre, un chevreuil, &c. tiré en flanc, est plus facilement arrêté, que quand il fuit devant le coup. Une des raisons qu'on en peut donner, c'est qu'alors la vitesse respective du plomb est plus grande, parce que l'animal se meut dans une direction qui ne l'éloigne que peu ou point du chasseur, & qu'à cet égard il est comme fixe. Nous avons vu par les expériences de la première proposition

EXPÉRIMENTALE. 341  
qu'en pareil cas , le choc est plus  
grand.

IV.  
LEÇON.

### III. PROPOSITION.

*Si les deux corps qui doivent se choquer , se meuvent en sens directement contraires , le mouvement périra dans l'un & dans l'autre , ou au moins dans l'un des deux : s'il en reste après le choc , les deux corps iront du même sens ; & la quantité de leur commun mouvement sera égale à l'excès de l'un des deux avant le choc.*

C'est-à-dire , que dans le cas où les deux mouvemens seroient égaux avant le choc , les deux mobiles seroient réduits au repos. Et si l'un des deux avant le contact en avoit davantage , il ne resteroit après la percussion que la quantité excédente , qui seroit le mouvement commun des deux corps. Deux expériences mettront ceci en évidence.

### PREMIERE EXPÉRIENCE.

#### PREPARATION.

La boule *D* pesant 2 onces , & la boule *F* autant , on élève l'une par  
F f iij

un arc de 6 graduations d'une part ; & l'autre par un arc semblable du côté opposé ; & on les laisse tomber en même tems.

## EFFETS.

Ces deux corps se rencontrent au lieu le plus bas de leur chute où ils demeurent en repos ; & leurs applatiffemens sont plus grands que dans les cas où la boule *F* est tombée par un arc semblable contre *D* en repos , ou qui fuyoit devant elle,

## EXPLICATIONS.

Dans cette expérience la quantité du mouvement est égale de part & d'autre ; car dans l'une & dans l'autre boule avant le choc , on compte 6 degrés de vitesse multipliés par 2 onces de masse. Deux corps qui se rencontrent allant en sens contraire , se font réciproquement résistance ; ici de part & d'autre la force ou la puissance est retenuë en équilibre par une résistance égale , & cet équilibre fait naître le repos dans les deux mobiles.

Les applatiffemens sont plus grands qu'ils n'ont été dans les expériences.

des deux premières propositions, où nous avons toujours donné 6 degrés de vitesse au corps choquant ; mais il faut faire attention que dans celle-ci la vitesse respective d'où dépend la force du choc, est doublée ou plus que doublée. Car lorsque la boule *D* étoit en repos avant le choc, la vitesse respective de *F* n'étoit autre chose que sa vitesse propre, c'est-à-dire, 6 ; ou moins que 6, lorsque la boule *D* fuyoit devant elle : ici les deux boules ayant chacune 6 degrés de vitesse propre en allant l'une vers l'autre, la vitesse respective est 12 ; c'est-à-dire, que l'espace qui les sépare avant le choc, est parcouru en une fois moins de tems.

## II. EXPÉRIENCE.

### PRÉPARATION

On fait mouvoir les deux boules *D* & *F* l'une vers l'autre, comme dans l'expérience précédente, & l'on met leurs quantités de mouvement dans le rapport de 12 à 24, en doublant la masse ou la vitesse de *F*.

F f iv

Les deux boules après le choc continuent de se mouvoir dans la direction d'*F* avec 2 degrés de vitesse, si l'on a doublé le mouvement par la masse, ou avec 3, si c'est par la vitesse.

## EXPLICATIONS.

Si les 24. degrés de mouvement de la boule *F* lui viennent de 4 onces de masse & de 6 degrés de vitesse : lorsqu'elle rencontre la boule *D* venant contre elle avec 12 degrés de mouvement, produit de 2 onces par 6 de vitesse, elle oppose sa double masse & la moitié de sa vitesse pour l'arrêter, & cela suffit ; car 3 de vitesse multipliant 4 de masse, égale tout le mouvement de la boule *D* qui est 12 ; il reste donc à la boule *F* 3 degrés de vitesse, avec lesquels elle continuë d'agir sur *D*, qu'on doit considérer comme en repos immédiatement après le contact. Mais elle ne peut mouvoir un corps en repos qu'en lui communiquant de la vitesse aux dépens de la sienne, & nous

avons vû que cette communication se fait en raison des masses ; comme la boule *D* n'a que deux onces de masse , contre 4 , la boule *F* ne perd qu'un tiers de la vîtesse qui lui reste ; ainsi la vîtesse commune après le choc est 2 pour deux masses , qui prises ensemble égalent 6 onces.

On voit donc , 1°. que le mouvement qui reste après le choc , est égal à la différence des deux quantités avant le choc ; car 12 est l'excès de 24 sur 12 : 2°. que cette différence divisée par la somme des masses , donne la vîtesse commune après le choc ; car 12. divisé par 6 , somme de 2 & de 4 onces , donne 2 de vîtesse , comme l'expérience l'a représenté.

On trouveroit la même chose , si l'on avoit doublé le mouvement de la boule *F* , en doublant sa vîtesse propre. Car alors pour arrêter la boule *D* qu'on suppose avoir 12 degrés de mouvement , & égale en masse , elle perdrait 6 degrés de vîtesse ; & pour l'emporter avec elle , il faudroit qu'elle lui en communiquât encore 3 , de 6 qui lui restent. Après le choc , il resteroit donc 3 degrés de vîtesse



**IV.**  
**LEÇON.** commune à 4 onces de masse, somme des deux boules, & par conséquent la quantité de mouvement seroit toujours 12, différence de 24 à 12.

## APPLICATIONS.

Ces dernières expériences font connoître en général, pourquoi il faut employer plus de force pour repousser un mobile dans un sens contraire à son mouvement, que pour l'arrêter simplement : car non-seulement il faut employer une force équivalente à la sienne, pour vaincre son premier mouvement; mais il faut encore ajouter toute celle qui est nécessaire, pour lui en faire reprendre un autre. C'est pourquoi l'on fait plus d'effort pour faire rétrograder une boule qui roule sur un plan, que pour la fixer en s'opposant à son passage. Mais nous avons vû en même tems, que l'effort d'un mobile qui vient contre un autre, peut croître, & par la vitesse, & par la masse. On ne doit donc pas être surpris que les joueurs de paume trouvent quelquefois le battoir ou la raquette trop lé-

gère ; puisqu'en supposant le coup frappé avec la même vitesse, son effet doit être moins grand, si la masse avec laquelle il est porté, est plus foible.

COROLLAIRE.

Il suit des deux premières propositions & des expériences qu'on a employées pour les prouver : 1°. Que quand les mouvemens ne sont point réciproquement opposés, les deux masses réunies après le choc représentent la même quantité de mouvement qui subsistoit dans l'une d'elles, ou dans toutes les deux avant le contact. Prenons la première expérience de la première proposition pour exemple.

Avant le choc, tout le mouvement résidoit dans la boule *F*, & sa quantité étoit 12, produit de 6 degrés de vitesse par 2 onces de masse. Après le choc, la quantité du mouvement dans les deux boules réunies est encore 12, produit de 4 onces de masses par 3 de vitesse commune. On peut aisément appliquer ce calcul aux autres expériences, & l'on trouvera toujours la même chose.

---

 IV.  
LEÇON.

De cette première conséquence ; il en naît une autre ; c'est que si l'on connoît la vitesse commune après le choc , on peut connoître quelle est la somme des masses ; & réciproquement la somme des masses fera connoître la vitesse commune. Prenons pour exemple la première expérience de la seconde proposition.

La somme des mouvemens avant le choc, étoit 18, sçavoir 12, produit de 2 onces par 6 de vitesse ; & 6, produit de 2 onces par 3 de vitesse. Selon la première conséquence, après le choc les deux masses doivent représenter ensemble une quantité de mouvement qui égale 18. Je sçai que la masse totale est 4 onces , je divise 18, quantité du mouvement, par 4, somme des masses, & j'ai 4 & demi pour la vitesse commune.

De même je sçai que la vitesse commune est 4 & demi ; je connois que la somme des masses, est 4, en divisant 18 par 4 & demi.

Enfin l'on voit par la troisième proposition, 1°. que quand les corps se heurtent en sens contraires, il péricule une partie du mouvement ; 2°. que

Pon peut juger , comme dans les autres cas, par la vîteſſe commune après le choc , & par le rapport des maſſes quelles ont été les vîteſſes propres avant le choc ; ou bien , quel eſt le rapport des maſſes , par la comparaiſon de la vîteſſe commune , avec les vîteſſes propres.

## ARTICLE II.

*Du Choc des Corps à reſſort.*

DANS toutes les expériences qui ont ſervi de preuves aux propoſitions énoncées ſur le choc des corps non élaſtiques , nous avons toujours obſervé deux effets principaux , ſçavoir une communication de mouvement du corps choquant au corps choqué , & un changement de figure ou applatiſſement à l'un & à l'autre à l'endroit du contact. Ces deux effets ont une cauſe commune , qui eſt la percution ; c'eſt par cette action que la vîteſſe ſe tranſmet , & ſe diſtribué uniformément entre les deux maſſes : mais pendant que cette répartition ſe fait entre les deux corps, leurs figures changent , & l'applatiſ-

---

 IV.  
LEÇON.

fement qui en résulte , dépend particulièrement de la résistance plus ou moins longue du corps choqué : c'est pourquoi , quand bien même la vitesse respective seroit toujours la même , la grandeur des applatissemens varieroit toujours , suivant le rapport des masses qui se choquent , comme on a pu le remarquer par les expériences précédentes.

Dans le choc des corps à ressort , la nature suit toujours les mêmes loix qu'elle s'est prescrites , & que nous avons reconnues dans la percussion des corps non élastiques : mais comme les parties enfoncées par le choc se rétablissent avec la même vitesse qu'elles ont été déplacées , ce dernier effet qui se mêle à celui du mouvement communiqué par le choc , apporte beaucoup de changement aux résultats.

Il faudra donc soigneusement distinguer deux sortes de mouvemens dans la percussion des corps élastiques l'un qui est indépendant du ressort , & que nous nommerons *mouvement primitif* ; l'autre qui naît de la réaction des corps aplatis ou com-

primés dans le choc , & que nous appellerons *mouvement de ressort* , *mouvement réfléchi* , ou simplement *réaction*.

## PREMIERE PROPOSITION.

Quand un corps à ressort va frapper un autre corps à ressort qui est en repos , ou qui se meut du même sens que lui ; celui-ci après le choc se meut dans la direction du corps qui l'a frappé , & avec une vitesse composée de celle qui lui a été donnée immédiatement , ou par communication , & de celle qu'il acquiert par sa réaction après le choc ; & le corps choquant dont le ressort agit en sens contraire , perd en tout ou en partie ce qu'il avoit gardé de sa vitesse première : & si son mouvement réfléchi excède le restant de sa vitesse première , il rétrograde suivant la valeur de cet excès.

Ces expressions générales s'entendront mieux , si nous en faisons des applications. Supposons donc que les masses soient égales ; en conséquence de cette première proposition , je dis qu'après le choc , celui des deux corps qui étoit en repos , recevra tant par communication que par la réaction , une quantité de mou-

vement égale à celle qu'avoit l'autre corps avant la percussion ; & que celui-ci sera réduit au repos par son ressort , qui détruira le reste de sa vitesse primitive.

Si l'on suppose les masses inégales , & que le corps choqué soit le plus petit , tous deux après le choc iront dans la direction du corps choquant ; mais celui-ci aura moins de vitesse que l'autre.

Enfin si le corps choqué a plus de masse que l'autre , il ira seul dans la direction du corps choquant , & celui-ci retournera en arrière.

Réalisons ces trois suppositions par autant d'expériences qui serviront de preuves à notre première proposition , & aux conséquences que nous en tirerons. Nous employons des boules d'ivoire bien rondes , que l'on suspend à des fils comme celles de terre molle , & avec la même machine.

## PREMIERE EXPERIENCE.

### PREPARATION.

La boule *D* en repos , pèse 2. onces ;

ces ; la boule *F* qui est égale , descend  
par un arc de 6 graduations.

## EFFETS.

Après le choc , la boule *F* demeure  
en repos à l'endroit du contact , & la  
boule *D* parcourt un arc de 6 gra-  
duations dans la partie opposée ; ce  
qui fait voir que le corps choqué  
a reçu une vitesse égale à celle du  
corps choquant.

## EXPLICATIONS.

La boule *F* ayant rencontré la bou-  
le *D* en repos , lui a communiqué la  
moitié de sa vitesse , à cause de l'éga-  
lité des masses ; & elle en a gardé  
3 par la même raison , pour conti-  
nuer de se mouvoir dans la même di-  
rection. Tel seroit l'effet total de cet-  
te percussion , si les boules n'avoient  
point de ressort , comme on l'a vû  
par la première expérience de l'arti-  
cle premier. Mais à cause de l'élasti-  
cité , la boule *D* comprimée ou ap-  
platie , se rétablit en s'appuyant con-  
tre la boule *F* ; ce qui fait que cette  
réaction la porte en avant , avec au-  
tant de vitesse qu'elle a été compri-



IV.  
LEÇON.

méc. Or cette vitesse est la moitié de celle qui a fait rencontrer les deux boules, c'est-à-dire, 3 degrés. Ainsi après le choc la boule *D* se meut avec 6 degrés de vitesse, sçavoir 3 qu'elle a reçus par communication; & 3 qui lui viennent de sa réaction.

La boule *F* a gardé 3 degrés de sa vitesse primitive; mais sa réaction qui est égale se fait en sens contraire, & la réduit au repos.

## II EXPERIENCE.

## P R E P A R A T I O N .

La boule *D* étant de 2 onces, & la boule *F* de 4 onces, on donne à celle-ci 6 degrés de vitesse, l'autre étant en repos.

## E F F E T S .

Après le choc, la boule *D* parcourt 8 graduations dans la direction de la boule *F*, & celle-ci continuë de se mouvoir du même côté, & parcourt 2 graduations.

## E X P L I C A T I O N S .

Il faut considérer d'abord le mou-

vement communiqué en raison des masses indépendamment du ressort ; & voir ensuite ce que la réaction ajoute à ce premier effet ou ce qu'elle en diminue.

IV.  
LEÇON.

Si les boules n'étoient point élastiques, *F* de 4 onces rencontrant *D* de 2 onces en repos, ne perdrait que 2 degrés de vitesse des 6 qu'elle a, les deux masses s'en iroient du même côté avec un mouvement commun, dont la vitesse seroit 4, comme nous l'avons vu ci-dessus.

\* I. Prop.  
III. Exp.

Mais après le choc, il y a réaction réciproque entre les deux boules à cause de leur élasticité ; & cette réaction est égale à 4 degrés de vitesse communiquée, qui ont causé la compression. Il faut donc regarder cette réaction, comme une force qui se déploie entre les deux boules pour les repousser de part & d'autre ; elle concourt avec le mouvement communiqué à la boule *D*, & elle l'augmente de moitié. Elle tend au contraire à détruire celui qui reste à la boule *F* ; mais il faut faire attention que cette dernière masse est de 4 onces, double de l'autre, & que la

reaction qui peut faire avancer deux onces des 4 espaces ; n'en peut faire rétrograder que 2 à un poids qui est double : ainsi la boule *F* malgré sa réaction , avance encore 2 graduations après le choc , en vertu de son mouvement primitif.

### III. EXPERIENCE.

#### PREPARATION.

La boule *F* de 2 onces va frapper avec 6 degrés de vitesse , la boule *D* en repos qui pèse 4 onces.

#### EFFETS.

Après le choc , la boule *D* parcourt 4 graduations dans la direction de la boule *F* , & celle-ci retourne en arrière l'espace des deux graduations.

#### EXPLICATIONS.

La résistance de la boule *D* contre la boule *F* , a réduit la vitesse première de 6 à deux , en vertu de sa double masse ; mais les deux degrés de vitesse qu'elle a reçus par communication , ont occasionné une réaction de même valeur ; ce qui fait qu'elle par-

court 4 graduations en avant. La même réaction agissant sur  $F$ , qui ne pèse que 2 onces, a dû produire un effet double, c'est-à-dire, qu'en vertu de son ressort, elle parcouroit 4 graduations en arrière; mais elle a gardé 2 degrés de sa première vitesse: cet effet se réduit donc à moitié, elle n'en parcourt que 2.

## APPLICATIONS.

On a pû remarquer par les résultats des trois expériences que nous venons de rapporter en preuves de notre première proposition, que le mouvement de réaction double toujours celui que le corps choqué acquiert par communication. Car lorsque la boule  $D$  en vertu du mouvement primitif de  $F$ , n'auroit dû avoir que 2, 3, ou 4 degrés de vitesses; on a vû qu'elle en avoit 4, 6, ou 8.

On a dû observer encore que cette même réaction qui double le mouvement du corps choqué pour aller en avant, tend avec autant de force à repousser le corps choquant en arrière; mais que ce dernier effet diminué comme la masse augmente. Car,

par exemple lorsqu'en vertu de cette force la boule *D* de 2 onces recevoit 4 degrés de vitesse en avant, la boule *F* de 4 onces n'en recevoit que 2 en arrière.

Ces deux observations feront comprendre la raison de plusieurs effets qu'on a tous les jours sous les yeux, & qu'on auroit peine à expliquer, si l'on ignoroit ces principes.

Tous les Artistes qui travaillent en chambre sur des enclumaux, ou sur des tas d'acier, comme les Planeurs, Orfèvres, Horlogers, &c. ne manquent pas d'amortir les coups par un rouleau de nattes, ou choses équivalentes, sur quoi ils établissent le billot qui porte l'instrument. Sans cette précaution, une grande partie de la force imprimée par le marteau, seroit transmise au plancher, & causeroit des ébranlemens préjudiciables à la charpente.

C'est par de semblables raisons, que l'on construit de briques les remparts des places fortifiées; si on les faisoit de grès ou de quelqu'autre pierre dure, les coups de canon venant à frapper ces corps élastiques,

transmettroient leur mouvement à une plus grande profondeur, & causeroient plus de dommage.

Les effets qui résultent de la réaction réciproque de deux corps élastiques qui sont comprimés par le choc, seroient les mêmes, si ces deux corps, abstraction faite de leur ressort, avoient pressé entre eux une troisième matière capable de se rétablir; comme si, par exemple, un anneau d'acier *Fig. 18.* étoit frappé de part & d'autre, en même tems par deux boules *A & B*, suspenduës à des fils: cet anneau comprimé par le double choc, repousseroit en se rétablissant les deux corps qui l'auroient choqué à des distances proportionnelles à leurs masses; c'est-à-dire, également loin, s'ils étoient égaux, ou plus loin celui des deux qui seroit le moins pesant.

On doit encore attendre la même chose d'un corps dont le ressort antérieurement tendu viendroit à se débiter entre deux mobiles; comme si l'anneau d'acier dont nous venons de parler, comprimé par un fil diamétral, venoit à se détendre contre

IV.  
LEÇON.

les deux corps *A* & *B* : ils feroient tous les deux repouffés en fens contraires, & à des distances qui feroient en raifon réciproque des poids.

Ces effets, qui font des conféquences de notre première propofition, doivent fervir à expliquer le recul des armes à feu, celui des fuſées, &c. Car on doit regarder la poudre qui s'allume entre la culaffe, & la balle ou le boulet, comme un reſſort qui ſe déploie de part & d'autre ; ſon action produit dans les deux mobiles une vîteſſe qui eſt d'autant plus grande dans l'un des deux, que ſa maſſe eſt plus petite relativement à l'autre. Ainſi comme le canon, le mouſquet, &c. (ſur-tout, ſi l'on fait attention aux obſtacles qui les retiennent,) ſont beaucoup plus difficiles à mouvoir que le boulet ou la balle qui fait la charge ; on conçoit aifément pourquoi ce dernier mobile reçoit de la poudre enflammée une vîteſſe incomparablement plus grande.

Une autre raifon contribué encore à augmenter la vîteſſe de la balle, c'eſt une certaine longueur au canon qui donne le tems à la poudre de ſ'allumer

lumer , & de déployer toute son action ; s'il est trop court , le plomb est déjà sorti avant que l'explosion soit entièrement faite : c'est une des raisons pour lesquelles les pistolets ne portent jamais aussi loin que les fusils ; & l'on fait le canon de ceux-ci plus long qu'à l'ordinaire , quand on les destine à tirer de fort loin. Mais cette longueur a ses bornes , & quand on les excède , au lieu de procurer à la balle une plus grande vitesse , on lui fait perdre au contraire , par un frottement inutile , une partie de celle qu'elle auroit , si le canon avoit une meilleure proportion.

Quant au recul , on peut dire en général , qu'en supposant la quantité & la qualité de la poudre égale , un fusil repousse d'autant plus , que la charge de plomb fait plus de résistance , soit par son poids , soit par la bourre qui le retient.

Une fusée s'élève , parce que sa partie inférieure qui s'enflamme , fait l'office d'un ressort qui agit d'une part contre le corps de la fusée , & de l'autre contre un volume d'air qui ne cède pas aussi vite qu'il est frap-



IV.  
LEÇON.

pé ; & comme ce ressort se renouvelle continuellement , par l'inflammation successive de toutes les parties de la fusée , il en accélère le mouvement par deux raisons : 1°. parce que résidant dans le mobile même , il ajoute toujours à sa vitesse ; 2°. parce que le poids ou la résistance de ce mobile diminue à chaque instant , par la dissipation des parties qui brûlent.

On pourroit demander ici , pourquoi sur le tapis d'un billard , lorsqu'une bille est poussée contre une autre en repos , il n'arrive pas la même chose que dans la première expérience , qui paroît être le même cas ? Pourquoi , les billes étant égales , celle qui choque continue-t-elle presque toujours de se mouvoir ? ne devroit-elle pas rester sans mouvement après le choc , comme il arrive à la boule *F* , lorsqu'elle rencontre *D* en repos ?

Quoique ces deux cas paroissent semblables , ils diffèrent cependant entre eux , en ce que la boule *F* de notre première expérience n'a qu'un mouvement simple & direct , au lieu

que la bille qu'on lui compare en a deux : car non-seulement son centre est porté en ligne droite , mais en même tems elle roule sur le plan , & toutes les parties de sa surface décrivent des cercles parallèles autour de son axe. Lorsqu'elle rencontre une bille en repos , le mouvement direct de sa masse totale est arrêté , par les raisons que nous avons rapportées ; mais celui de ses parties autour de l'axe commun subsiste ; de sorte que dans l'instant du choc , si le plan s'évanouissoit , & qu'elle fut soutenue par ses pôles , on la verroit tourner sans avancer ni reculer ; mais si ce mouvement de rotation se fait sur un plan , il faut de nécessité qu'il porte la bille en avant ; c'est une chose qu'on se conçoit aisément.

## II. PROPOSITION.

*Si deux corps élastiques égaux ou inégaux en masse , viennent se heurter avec des vitesses propres qui soient égales ou inégales , après le choc , ils se séparent , & leur vitesse respective est la même qu'avant le choc.*

Car si ces deux corps étoient sans

H h ij

ressort, ou ils s'arrêteroient réciproquement, ou l'un des deux emporteroit l'autre, comme on l'a vû par les expériences du premier article. S'ils se séparent, c'est donc uniquement en vertu de leur réaction; mais nous avons vû aussi que cette réaction est égale à la compression, qui est comme la vitesse respective avant le choc: celle qui en résulte après le choc doit donc être semblable, & c'est ce que l'expérience confirme.

## PREMIERE EXPÉRIENCE.

## P R E P A R A T I O N.

La boule *D* pesant 2 onces, & la boule *F* autant, on les fait tomber l'une contre l'autre par des arcs de 6 degrés chacun. C'est le cas où les masses & les vitesses propres sont égales.

## E F F E T S.

Après le choc, les deux boules se séparent, & remontent chacune de son côté un arc de 6 graduations; ainsi les vitesses propres sont de 6 degrés, & la vitesse respective de 12, comme avant le choc.

Les deux boules en s'entrechoquant à forces égales , ont perdu tout leur mouvement primitif , mais la réaction égale à la force avec laquelle elles se sont comprimées , ou ( ce qui est la même chose ) à leur vitesse respective , les a remises en état de remonter les 6 graduations qu'elles avoient parcourues en descendant.

## II. EXPÉRIENCE.

### PRÉPARATION.

Il faut donner à la boule *D* 4 onces de masse , & à la boule *F* 2 onces , & les faire tomber l'une contre l'autre ; la première par un arc de 4 graduations , & la seconde par un arc de 8 ; c'est un des cas où il y a inégalités de masses , & de vitesses propres , quoique la vitesse respective soit encore 12.

### EFFETS.

Les deux boules après s'être heurtées , retournent à l'endroit d'où elles

H h iij

sont parties avant le choc , ce qui fait voir que la vitesse respective est la même que devant.

## EXPLICATIONS.

Si les boules *D* & *F* , de cette expérience , n'avoient point de ressort , elles s'arrêteroient réciproquement , parce que leurs forces sont égales ; car 4 onces de masse multipliées par 4 degrés de vitesse , donnent 16 pour la quantité du mouvement , ce qui est égal à 8 degrés de vitesse , multipliée par 2 onces de masse. Mais ces deux boules sont élastiques , & leur compression est l'effet d'une vitesse respective de 12 degrés ; la réaction est donc une pareille vitesse appliquée d'une part à une boule de 2 onces , & de l'autre à une boule de 4 onces ; mais la force qui peut transporter 2 onces au 8<sup>e</sup>. degré , n'en peut faire parcourir que 4 à une masse de 4 onces , pendant le même tems. Ainsi les deux boules après le choc ont dû revenir aux endroits d'où elles étoient parties , comme l'expérience l'a représenté.

Ce que nous avons enseigné touchant le choc de deux corps à ressort , a lieu aussi , quoiqu'il y en ait un plus grand nombre contigus les uns aux autres , & ces effets s'exécutent avec une promptitude admirable. Si l'on suspend , par exemple , 7 ou 8 boules d'ivoire , de manière qu'elles aient leurs centres dans une même ligne , comme le représente la *Fig. 19* , & que l'on fasse tomber la première par un arc de cercle contre la seconde , la huitième se séparera des autres avec une vitesse semblable à celle qu'auroit eû la seconde après le choc , si rien ne s'étoit opposé à son passage ; & si l'on en fait tomber deux ensemble contre la troisième , les deux dernières se sépareront des autres qui demeureront toutes en repos.

De même aussi , que l'on fasse tomber la huitième contre la septième d'une part , & de l'autre la première contre la seconde ; ces deux boules choquantes , remonteront après le choc par les mêmes arcs qu'elles auront parcourus en descendant , com-

me si leur percussion avoit été immédiate.

IV.  
LEÇON.

Pour expliquer ces effets , il faut se souvenir de ce que nous avons dit à la page 311 , qu'une boule à ressort dans l'instant du choc , prend une figure ovale , par laquelle non-seulement la partie choquée est rapprochée du centre , mais encore celle qui lui est diamétralement opposée. Ces deux parties se rétablissent aussitôt , & avec des vitesses égales à celle avec laquelle s'est faite leur compression. On conçoit donc que la seconde boule frappée par la première, se sépare d'abord un peu de la troisième, & qu'ayant pris, tant par communication que par réaction , une vitesse égale à celle du corps qui l'a heurtée , comme nous l'avons expliqué dans la première expérience de la première proposition ; elle fait sur la boule suivante ce que la première a fait sur elle. La même chose se fait de la troisième à la quatrième , & ainsi de suite jusqu'à la dernière , qui n'étant retenuë par rien, obéit à l'impulsion qu'elle reçoit , & décrit un arc qui exprime une vitesse semblable

à celle du premier corps choquant

IV.  
LEÇON.

Ces exemples de mouvemens communiqués par des corps élastiques & contigus , pourront nous servir dans la suite , pour appuyer quelques opinions ( vraisemblables d'ailleurs ) touchant certains phénomènes sur l'explication desquels les Physiciens sont encore partagés. Nous nous contentons pour le présent d'établir ces principes d'expériences , que nous rappellerons , & dont nous ferons usage à mesure que l'ordre des matières le permettra.

COROLLAIRE.

On a pû remarquer par les expériences que nous venons de rapporter , que quand les corps à ressort se choquent de manière qu'ils aillent dans la même direction , ou que l'un des deux reste en repos après le choc , la somme des mouvemens est la même après comme avant la percussion ; car immédiatement avant le choc de la première expérience , tout le mouvement réside dans la boule *F* , & sa quantité est 12 , sçavoir 6 de vitesse multipliée par 2 de masse ; & après



---

 IV.  
LEÇON.

le choc pareille quantité se retrouve dans la boule *D* qui se meut seule.

Mais si l'un des deux retourne en arrière, la quantité du mouvement se trouve plus grande après qu'avant le choc, comme il paroît par le résultat de la troisième expérience; car avant que la boule *F* rencontre la boule *D* en repos, sa quantité de mouvement est 12: sçavoir 6 de vitesse multipliée par 2 onces. Et après la percussion, la somme des mouvemens est 20; sçavoir dans la boule *D*, 16. produit de 4 onces par 4 degrés de vitesse, & dans la boule *F*, 4. produit de 2 onces par 2 de vitesse.

Non seulement la somme des mouvemens est plus grande après le choc; mais celui du corps choqué excède même en quantité celui du corps choquant, avant le contact. Car dans la boule *F* avant le choc, le mouvement étoit 12, & après la percussion, il est 16 dans la boule *D*, comme nous venons de le remarquer.

Cet excès ou cette différence de mouvement dans le corps choqué, égale précisément la quantité de celui qui retrograde après le choc; c'est ce

qu'on appercevra d'abord, si l'on fait attention que la quantité du mouvement dans la boule *F* qui retourne en arrière, est 4, différence de 16 à 12.

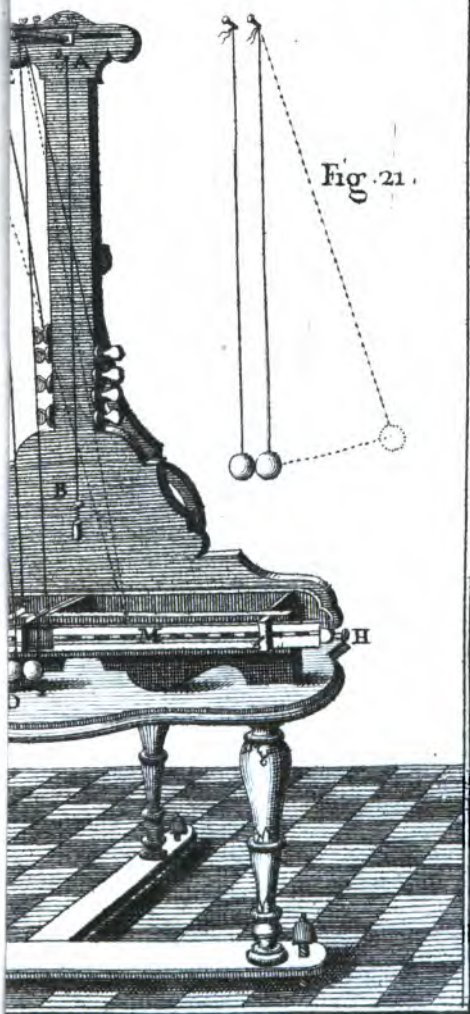
IV.  
LEÇON.

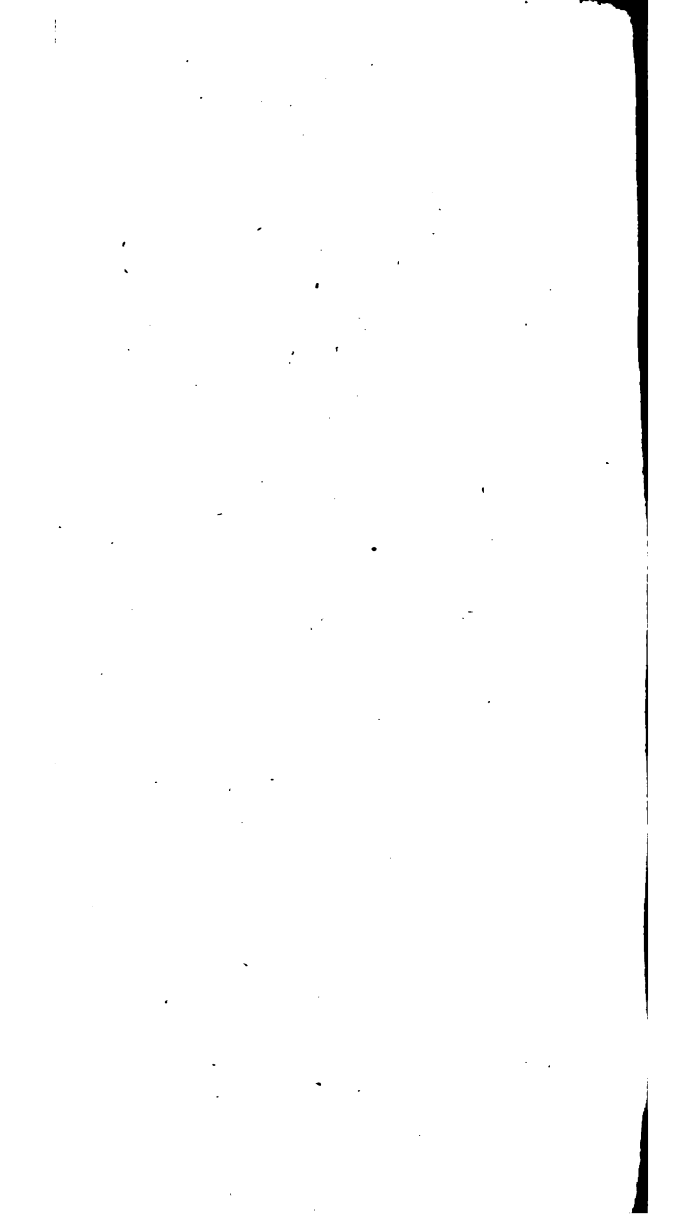
Ainsi les masses étant connues, si l'on sçait la vitesse de celle qui retrograde après le choc, on peut sçavoir la quantité du mouvement de l'autre, & quelle a été la somme du mouvement primitif.

Nous ne devons pas quitter cette matière sans avertir, qu'on ne doit point estimer l'impulsion des fluides, selon les règles que nous avons établies touchant le choc des corps solides; ceux-ci ayant leurs parties liées agissent selon toute leur masse, mais il n'en est pas de même de l'action des autres: à cause de la mobilité respective de leurs parties, il n'y a que ce qui est immédiatement & directement exposé au choc qui fasse effort; le reste ne perd point sa vitesse, & par conséquent ne contribue point à l'effort; c'est pourquoi l'eau & le vent ne communiquent pas tout d'un coup leur vitesse actuelle à un mobile: ce n'est qu'après un certain tems, que celui-ci reçoit tout le mouvement qui

peut lui être transmis : c'est une chose dont il est aisé de se convaincre , en observant les aîles d'un moulin à vent ou la rouë d'un moulin à l'eau , quand elles commencent à se mouvoir.

*Fin du premier Volume.*







# TABLE

## DES MATIERES

Contenuës dans le premier Volume.

---

**E**XPLICATIONS de quelques termes  
de Géométrie employés dans cet Ou-  
vrage.

### PREMIERE LEÇON.

PRELIMINAIRE.	Page 1
PREMIERE SECTION. De l'étendue & de la divisibilité des Corps.	5
PREMIERE EXPERIENCE, qui prouve que la Matière est divisible en un très-grand nombre de parties.	15
II. Exp. pour prouver la même Proposition par des dissolutions.	19
III. Exp. qui prouve la même chose par les odeurs.	27
IV. Exp. qui prouve encore la divisibilité des Corps par les parties colorantes.	33
Preuves tirées de la ductilité des Métaux, & des procédés qui sont en usage chez les Batteurs & Fileurs d'Or.	35 & suiv.
SEC. SECT. De la figure des Corps.	45
I. Exp. qui prouve que les plus petits	

grains de sable sont figurés.	50
II. Exp. qui prouve que les différens Sels sont composés de parties diversement figurées.	52
III. Exp. par laquelle on fait voir que les plus petits Insectes différent en figures, autant & plus que les plus grands Animaux.	56
TROIS. SECT. De la solidité des Corps.	65
I. Exp. Que les matières les moins compactes sont capables de résister à d'autres Corps.	68
II. Exp. qui prouve la même chose.	74

## II. L E Ç O N.

### *De la porosité, compressibilité & élasticité des Corps.*

PREMIERE SECT. De la Porosité.	81
I. Exp. qui prouve la porosité du Bois.	83
II. Exp. qui fait voir la porosité de la peau des Animaux.	90
III. Exp. par laquelle on fait voir que la coque des œufs est poreuse.	95
IV. Exp. qui prouve la porosité du Papier, & de plusieurs autres Matières, par les encres de sympathie.	101
Que la quantité & la figure des pores n'est pas la même en toute matière. Preuves tirées de la Gravûre à l'eau forte, de la teinture des Marbres & des Vernis.	107
	<i>&amp; suiv.</i>
SECONDE SECT. De la compressibilité & de l'élasticité des Corps.	115

## DES MATIERES. 375

I. Exp. qui prouve que l'eau n'est pas sensiblement compressible. 120

II. Exp. qui prouve la même chose. 121

III. Exp. par laquelle on prouve que les Corps solides les plus durs sont sensiblement compressibles. 127

De l'élasticité ou ressort des Corps.

Remarques sur les applications qu'on a faites des Corps à ressort aux Montres, aux Pendules, aux armes à feu, aux Voitures, aux Sons, &c. 131 & suiv.

Comment les Métaux acquièrent du ressort; les effets de la trempe sur l'acier. 138 & suiv.

Digression sur les Sens en général. 145. Et en particulier du Toucher. 152. Du Goût. 158. Et de l'Odorat. 165

## III. LEÇON.

### *De la mobilité des Corps.*

Du mouvement, de ses propriétés & de ses loix.

PREMIER SECT. de la mobilité des Corps. 177

I. Exp. pour prouver que la force d'inertie n'est pas la même chose que la pesanteur. 186

SECONDE SECT. Du mouvement en général, & de ses propriétés. 190

Distinction des Forces vives & des Forces mortes. 198

TROISIEME SECT. Des Loix du Mouvement simple. 206

Première Loi du Mouvement simple. 207

ART. I. De la résistance des milieux. 211



I. Exp. qui prouve que les milieux résistent en raison de leurs densités.	213
II. Exp. qui prouve la même chose.	218
III. Exp. par laquelle on prouve que la résistance des milieux est proportionnelle aux volumes des Corps qui s'y meuvent.	223
ART. II. De la résistance des Frottemens.	230
I. Exp. qui fait connoître deux sortes de Frottemens, fort différens l'un de l'autre.	240
II. Exp. qui fait voir qu'on doit tenir compte des surfaces lorsqu'on veut évaluer les Frottemens.	248
III. Exp. qui prouve que les Frottemens augmentent beaucoup plus par les pressions, que par la grandeur des surfaces.	252
Conclusion sur le Mouvement perpétuel mécanique.	255

## IV. L E Ç O N.

### *Suite des Loix du Mouvement simple.*

Des causes qui changent la direction du Mouvement.	259
Seconde Loi du mouvement simple.	260
Troisième Loi du mouvement simple.	261
PREMIERE SECT. Du changement de direction occasionné par la rencontre d'une matière fluide.	262
I. Exp. pour prouver que l'obliquité d'incidence est une condition nécessaire pour la réfraction.	266
II. Exp. pour prouver qu'il y a réfraction, lorsque	

## DES MATIERES. 377

lorsque les milieux sont différens , & que le Mobile passe obliquement de l'un dans l'autre. 272

III. Exp. qui fait voir que quand l'incidence du Mobile est trop oblique , la réfraction se change en réflexion. 282

SEC. SECT. Du Mouvement réfléchi. 289

I. Exp. qui fait voir qu'il n'y a point de Mouvement réfléchi , quand il n'y a point de ressort dans le Mobile , ou dans le plan qui est choqué. 301

II. Exp. qui prouve que le Mouvement devient réfléchi , quand le Corps choqué , ou celui qui choque , est élastique. 306

III. Exp. pour faire voir que l'angle de réflexion est égal à celui d'incidence. 312

TROIS. SECT. De la communication du Mouvement dans le choc des Corps. 316

ART. I. Du choc des Corps non élastiques. 322

I. PROPOS. Quand un Corps en repos est choqué par un autre Corps , la vitesse du Corps choquant se partage entre les deux selon le rapport des masses. *ibid.*

I. Exp. dans laquelle on emploie des masses égales. 323

II. Exp. dans laquelle le Corps choqué a deux fois autant de masse que le Corps choquant. 327

III. Exp. dans laquelle le Corps choquant a deux fois autant de masse que le Corps choqué. 328

II. PROPOS. Quand deux Corps , qui se meuvent du même sens avec des vitesses inégales , viennent à se heurter , soit que leurs masses soient égales ou non , ils

continuent de se mouvoir ensemble, & dans leur premiere direction, avec une vîtesse commune, moins grande que celle du Corps choquant, mais plus grande que celle du Corps choqué avant la percussion. 333

I. Exp. avec des masses égales, les vîtesses étant dans le rapport de 3 à 6. 334

II. Exp. avec des masses, l'une double de l'autre, & des vîtesses qui sont en raison réciproque des masses. 335

III. Exp. dans laquelle l'un des deux Corps ayant une fois moins de masse que l'autre, a deux fois autant de vîtesse que lui. 338

III. PROPOS. Si les deux Corps qui doivent se choquer, se meuvent en sens directement contraires, le mouvement périra dans l'un & dans l'autre, ou, au moins dans l'un des deux; s'il en reste après le choc, les deux corps iront du même sens; & la quantité de leur commun mouvement sera égale à l'excès de l'un des deux avant le choc. 341

I. Exp. avec deux Corps dont les masses & les vîtesses sont égales. *ibid.*

II. Exp. avec deux mobiles, dont les quantités de mouvement sont dans le rapport de 12. à 24. 343

Corollaire, ou conséquences des Propositions précédentes. 347

ART. II. Du choc des Corps à ressort. 349

I. PROPOS. Quand un Corps à ressort va frapper un autre Corps à ressort qui est en repos, ou qui se meut du même sens que lui, celui-ci après le choc, se meut

## DES MATIERES. 379

dans la direction du Corps qui l'a frappé & avec une vitesse composée de celle qui lui a été donnée immédiatement, ou par communication, & de celle qu'il acquiert par sa réaction après le choc ; & le Corps choquant dont le ressort agit en sens contraire, perd en tout, ou en partie, ce qu'il avoit gardé de sa vitesse première : & si son mouvement réfléchi excède le restant de sa vitesse première, il rétrograde suivant la valeur de cet excès. 351

I. EXP. avec deux mobiles de même masse, & qui ont des ressorts égaux. 352

II. EXP. avec deux Corps également élastiques, celui qui est choqué ayant une fois moins de masse que l'autre. 354

III. EXP. avec des Corps également élastiques, celui qui choque ayant une fois moins de masse que l'autre. 356

II. PROPOS. Si deux Corps élastiques égaux ou inégaux en masse, viennent se heurter avec des vitesses propres qui soient égales ou inégales ; après le choc ils se séparent, & leur vitesse respective est la même qu'avant le choc. 363

I. EXP. avec des boules d'ivoire de même poids, & qui ont des vitesses égales. 364

II. EXP. avec des boules d'ivoire, dont les vitesses & les masses sont inégales. 365

Corollaires, ou conséquences des Propositions précédentes 369

*Fin de la Table des Matières.*

AUG 5 1921

